

Министерство образования и науки Российской Федерации

Ульяновский государственный технический университет

## **ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ**

Методические указания  
к практическим занятиям

*Издание третье, измененное*

Составитель В.Н.Арефьев

Ульяновск 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ УПРАВЛЕНИЯ .....	5
1.1. Определение управления. Основные принципы .....	5
1.2. Объекты и виды управления .....	7
1.3. Управление и информация .....	9
1.4. Характеристики кибернетической системы .....	10
1.5. Особенности управляющих систем .....	11
1.6. Факторы эффективности УС .....	13
2. БОЛЬШИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ .....	14
2.1. Понятие большой (сложной) системы .....	14
2.2. Основные принципы управления БСУ .....	15
2.3. Основные положения системного подхода .....	18
2.4. Системный подход при разработке БСУ .....	20
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ .....	23
3.1. Основы моделирования .....	23
3.2. Структурный анализ БСУ .....	26
3.3. Методы функционального анализа БСУ .....	29
3.4. Имитационное моделирование БСУ .....	31
4. ИНФОРМАЦИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ .....	34
4.1. Виды представления информации .....	34
4.2. Свойства информации .....	35
4.3. Особенности передачи информации по каналам связи .....	37
4.4. Структура математических методов теории управления .....	38
4.5. Общие математические методы .....	39
4.6. Вероятностно-статистические методы .....	40
4.7. Методы оптимизации .....	41
5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ .....	43
5.1. Виды и системы технологического управления .....	43
5.2. Классификация САУ .....	44
5.3. Основные понятия ТАУ .....	46
5.4. Линейные и нелинейные САУ .....	47
5.5. Особенности некоторых типов САУ .....	49
6. ОРГАНИЗАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ .....	52
6.1. Особенности организационных систем управления .....	52

6.2. Производство как объект управления .....	53
6.3. Характеристика управления предприятием .....	55
6.4. Функции организационного управления .....	56
7. ЭЛЕМЕНТЫ ОРГУПРАВЛЕНИЯ.....	60
7.1. Структура управляющей системы предприятия .....	60
7.2. Методы и механизм организационного управления .....	62
7.3. Информация в процессе организационного управления .....	64
7.4. Технология процесса организационного управления .....	66
8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСУ.....	68
8.1. Основные принципы проектирования ОСУ .....	68
8.2. Организация процесса совершенствования ОСУ .....	70
8.3. Направления автоматизации ОУ .....	72
8.4. Свойства АС .....	73
8.5. Разработка структуры АСУ .....	75
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>77</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Курс "Основы теории управления" рассматривает как общие принципы управления, так и особенности, присущие его основным видам, а также ряд математических методов, которые используются в анализе и реализации процессов управления, особенно при его автоматизации. **Курс ориентирован в основном на создание и совершенствование автоматизированных систем управления (АСУ).**

Теория управления, как комплексная дисциплина, основывается на положениях кибернетики, философии, политэкономии, системотехники, ряде разделов математики и многих других науках (логика, социология и т.п.).

Наиболее полно вопросы управления представляет кибернетика, как наука об управлении, связи и переработке информации, включая технические системы, живую природу и коллективы людей. При этом используется определенный математический аппарат и вычислительная техника. Кибернетика, позволяя абстрагировать конкретные системы в виде моделей, занимает важное место в изучении теории управления.

Деятельность человека неотделима от процессов управления. Значительное время в её основе лежали качественные приёмы, основанные на опыте и интуиции руководителей. С появлением кибернетики, теории управления и других наук появилась возможность количественной оценки эффективности управления и применения в решении задач управления оптимизационных методов.

Целью изучения данного курса является ознакомление с основными положениями теории управления, методами и математическими средствами, используемыми в управлении.

В курсе предусмотрено 6 тем:

1. Основные понятия и закономерности управления.
2. Элементы теории информации и кодирования.
3. Математические основы теории управления.
4. Технологическое управление.
5. Организационное управление.
6. Основные принципы автоматизации управления.

Целесообразность знакомства с основами теории управления для специалистов по информационным системам связана не только с задачами непосредственного руководства группами работников, но и с использованием положений данной теории при практической разработке автоматизированных систем для обеспечения их эффективности.

Настоящее пособие содержит основные сведения для ознакомления с наиболее существенными положениями и принципами теории применительно к технологическим и организационным системам управления и является отправным материалом, использование которого и рекомендуемой литературы позволит студентам глубже освоить дисциплину "Основы теории управления".

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ УПРАВЛЕНИЯ

### 1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Теория управления (ТУ) представляет собой область знаний, включающую систему категорий и законов относящихся, к понятию "управление". Наиболее общим определением управления является следующее:

*управление (У) - целенаправленное воздействие на объект или процесс, в результате которого поддерживаются необходимые качественные или количественные характеристики, определяющие их состояние, или происходят заданные их изменения.*

Как видим из определения, управлять можно каким-либо объектом, в широком понимании этого определения (станок, автомобиль, группа людей и т.п.). А можно управлять процессами, под которыми подразумевается последовательность выполнения каких-либо действий (процесс плавки металла, процесс получения пластмасс, производственный процесс и т.п.).

Одним из основных методов научного подхода к познанию окружающего мира является моделирование (см. раздел 3). В этой связи в последующем материале все рисунки и схемы будут являться в определенной степени моделями рассматриваемых процессов.

Основным понятием ТУ является понятие системы. Система - это устойчивая совокупность, определенным образом взаимодействующих элементов, процессов и явлений, образующих некоторую целостность. Входящие в систему элементы и связи между ними образуют её структуру. Например, если рассматривать как систему ВУЗ, то основными элементами данной системы будут ректорат, факультеты, кафедры и т.д.

Существенным понятием является также понятие состояния системы, т.е. совокупности её параметров. Состояние системы может характеризоваться определенными качественными параметрами и численными величинами, каковыми для ВУЗа, например, могут быть: уровень подготовки и численность студентов, преподавателей и т.п.

По природе элементов системы могут быть абстрактные, реальные и т.д. [3].

Всё, что не относится к системе, называется внешней средой. Выделение элементов в систему и разделение среды и системы могут иметь относительный характер и определяться задачами исследования и практической необходимостью, поэтому система и реальный объект не всегда одно и то же. Внешняя среда оказывает на систему определенные воздействия (рис 1.1). В свою очередь, система может воздействовать на среду.

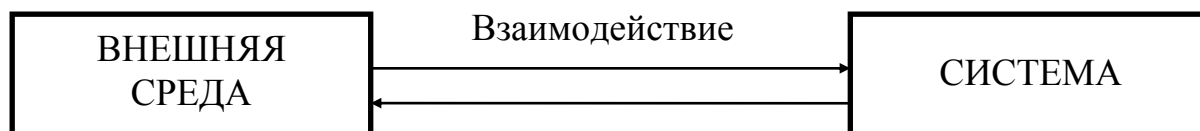


Рис. 1.1.

Воздействия внешней среды на систему не являются управляющими, т.к. они имеют случайный или вероятностный характер и могут быть существенными и несущественными. При этом если вторые оказывают практически незаметные воздействия (к примеру, небольшие колебания атмосферного давления практически не скажутся на работе автотранспорта), то первые приводят к изменению поведения системы и требуют управляющих воздействий (сильный снегопад может парализовать работу автотранспорта). В этой связи при существенном изменении внешних условий для поддержания системы в требуемом состоянии необходимы целенаправленные воздействия на систему, т.е. управление ею.

Необходимость управления может возникать и при значительных отклонениях в параметрах (переменных) или в работе элементов внутри системы, приводящих к ухудшению и прекращению работы системы (снижение давления в гидросистеме при нарушении её герметичности).

Изучение работы систем предполагает знание их свойств. К основным свойствам систем, помимо относительности, указанной выше, можно отнести равновесие, устойчивость. Кроме того, они обладают делимостью и иерархичностью, т.е. каждая система может рассматриваться, как часть системы более высокого уровня иерархичности [29].

Равновесие системы представляет собой ее способность в отсутствии внешних воздействий сохранять заранее заданное состояние. Устойчивость характеризуется, как способность системы возвращаться в состояние равновесие после того, как она была выведена из него под влиянием внешнего воздействия [8].

Систему, которую рассматривают с точки зрения процессов управления, называют системой управления (СУ).

Всякая СУ состоит из двух подсистем: управляющей (УС) и управляемой. Первая служит для воздействия на параметры второй с целью перевода её в новое состояние в соответствии с задачами управления.

Здесь важно отметить, что управление от простого воздействия отличается направленностью на решение необходимой задачи. Задачей управления являются такие изменения в УО, которые переведут его в требуемое

состояние, т.е. управление - это не просто выдача команды, а достижение с её помощью определенной цели.

Управляемую систему обычно называют управляемым объектом (УО). Воздействие УС на УО осуществляется с помощью передачи соответствующих команд (сигналов). Передача таких сигналов называется прямой связью. Сигнал о фактическом состоянии объекта, поступающий от УО к УС, называется обратной связью. Этот принцип управления схематически показан на рис. 1.2. Как видим, схема управления характеризуется наличием кольцевой цепи передачи сигналов и составляет замкнутый цикл.

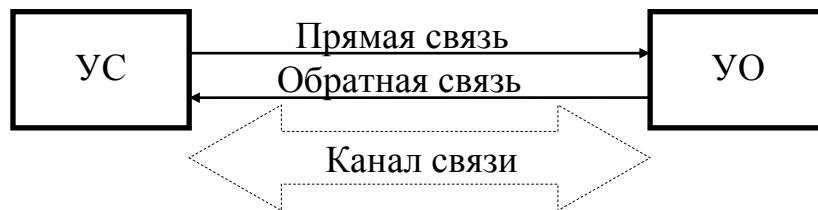
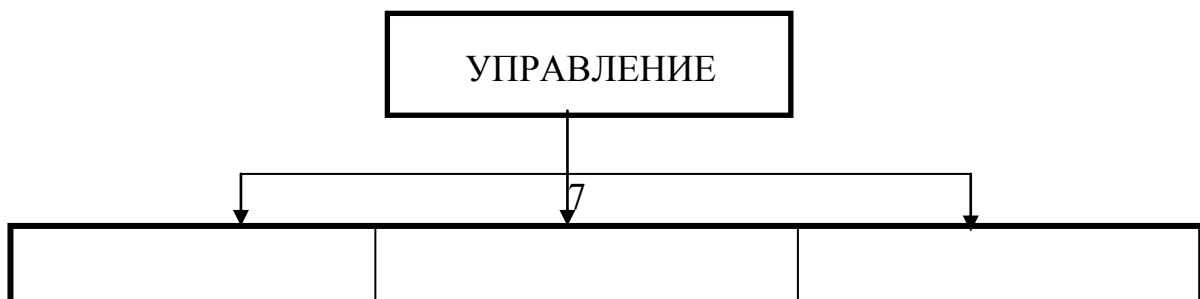


Рис. 1.2.

Передача сигналов между УО и УС осуществляется по каналу связи, который является третьим основным элементом СУ. По нему могут передаваться сигналы механические, электрические и других видов в технических системах, нервных импульсов - в биологических. В системах, где в УО и УС присутствуют люди, канал связи может быть реализован устной речью, телефонной и радиосвязью, почтой, локальными сетями и т.п. Независимо от вида связи управляющий сигнал всегда несет информацию, характеризующуюся интенсивностью, конфигурацией, направлением, кодом и т.д. Особенностью сигнала в СУ является то, что он не оказывает энергетического воздействия, а несет определенное сообщение – *информацию* (см.раздел 4). Таким образом, управление - это воздействие с помощью информации. Данная существенная черта СУ обеспечивает ей большую экономичность по сравнению с энергетическими системами.

## 1.2. ОБЪЕКТЫ И ВИДЫ УПРАВЛЕНИЯ

Можно выделить три следующие категории (виды) управления: биологическое, техническое и организационное. Четкой классификации по данному вопросу пока не сложилось, поэтому за основу в данном курсе примем названия видов согласно рис. 1.3.



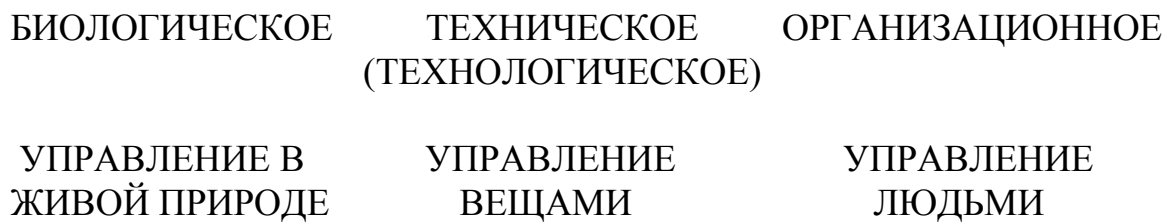


Рис. 1.3.

Принятая классификация, как видим, определяется категорией объекта управления.

Биологическое управление обеспечивает жизнедеятельность живых организмов и заключается в поддержании в определенных пределах их характеристик с помощью механизма саморегулирования (гомеостаз).

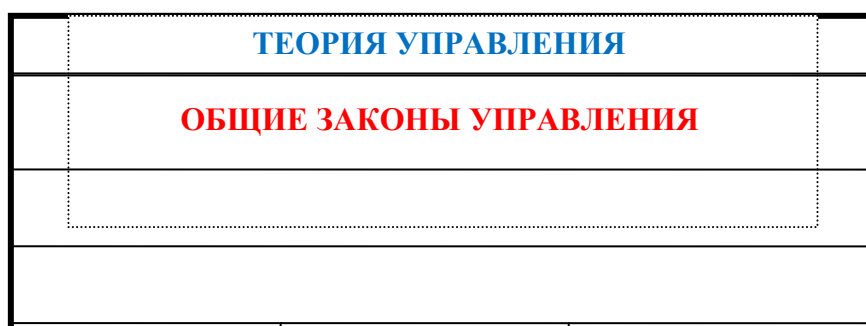
Управление вещами относится к техническому управлению. Это управление машинами, устройствами, технологическими процессами и т.д. Данный вид управления часто называют технологическим.

Под управлением людьми понимается управление ими, как социальными субъектами. Оно может быть индивидуальным и коллективным. К последнему относятся: управление производством, хозяйством и обществом. Многие авторы обобщают этот вид управления под термином - организационное.

Названные категории управления, помимо общности, имеют существенные различия в видах команд, каналах связи и УС.

В УС каждого вида управления имеется механизм, позволяющий преобразовать команду в реальное действие. Этими механизмами в технических УС могут быть различные регуляторы, автоматы, управляющие машины. В организационных - руководители или соответствующие руководящие органы. В биологических системах данная задача решается центральной нервной системой.

Действие регулирующих механизмов зависит от вида системы и подчиняется соответствующим биологическим, физическим, экономическим и социальным законам. Однако различные виды управления имеют много общих закономерностей и принципов. В связи с этим, к ТУ следует относить только те аспекты наук, которые включают вопросы управления. Это положение можно пояснить схемой (рис.1.4).





<b>СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ УПРАВЛЕНИЯ</b>		
<b>БИОЛОГИЯ</b>	<b>ТЕХНИКА</b>	<b>СОЦИОЛОГИЯ</b>

### СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗАКОНЫ

Рис. 1.4.

Кроме классификации по объектам, в зависимости от способа организации СУ, степени участия в ней человека, различают неавтоматические, автоматические, автоматизированные системы.

Неавтоматизированная система управляется человеком “вручную” (например, человек-автомобиль).

В автоматической системе управление осуществляется специальными устройствами без участия человека (например, работа светофора).

В автоматизированных системах, как в составе УС, так и в каналах связи участвует человек.

Если принять за степень автоматизации  $S_a$  - долю функций системы, выполняемых автоматически, то при:  $S_a = 0$  - неавтоматическая система;  $S_a = 1$  - автоматическая система;  $S_a < 1$  - автоматизированная система.

### 1.3. УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИЯ

Информация является одним из основных понятий теории управления, а так же одним из фундаментальных понятий, характеризующих реальность мира как понятия: время, материя, пространство, движение и энергия.

В настоящее время понятие информации рассматривается с разных точек зрения и имеет множество определений.

В простейшем понимании информация – это сведения об объекте или содержание команды или алгоритма управления.

Н.Винер дает следующее определение информации: "Информация - это обозначение содержания, полученного из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему".

По К.Шеннону информация рассматривается, как мера устранения неопределенности. Здесь имеется в виду, что при получении дополнительных сведений об объекте, знание о нем растет, а неопределенность уменьшается.

Противоположное информации понятие - мера неопределенности - в теории информации называется ЭНТРОПИЕЙ.

В термодинамике понятие энтропии используется как мера приращения тепловой энергии и характеризуется отношением приращения количества тепла к температуре объекта:

$$dS = \delta Q / T.$$

В физике энтропия рассматривается как мера необратимости процесса преобразования механической энергии в тепловую, т.е. безвозвратно потерянной энергии. По 2-му закону термодинамики  $dS \geq 0$ . Это означает, что для изолированной системы реально энтропия может только увеличиваться, достигая максимального значения при термодинамическом равновесии системы.

Упрощенно энтропию в теории информации рассматривают как меру хаоса, беспорядка. Для уменьшения энтропии (улучшения организации) всегда необходимо антиэнтропийное воздействие. В термодинамических системах - это отвод тепла, а в системах управления - это управляющее воздействие, несущее определенную информацию (в обществе – это разработка соответствующих законов, создание органов, поддерживающие порядок и т.п.). Таким образом, информация обеспечивает достижение антиэнтропийного эффекта в реализации процесса управления, за счет уменьшения степени дезорганизации системы и увеличения разнообразия её состояний.

Введение понятия энтропии в теории управления обеспечивает возможность количественной оценки информации.

#### 1.4. ХАРАКТЕРИСТИКИ КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Теория управления в теоретическом плане тесно связана с кибернетикой. И это естественно, потому что кибернетика – это наука об общих принципах управления. Соответственно модели, используемые в кибернетике, находят применение и в теории управления. В кибернетике объектом исследования являются относительно обособленные системы, имеющие, по крайней мере, один вход и один выход, называемые кибернетическими (КС). Условно модель КС можно представить схемой на рис 1.5.

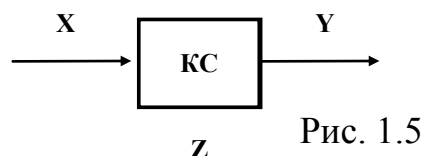


Рис. 1.5

Кибернетические системы характеризуется следующими пятью параметрами:

1. Входной сигнал -  $X$  является конечным множеством функций времени -  $t$ :

$$X = X(t) = [X_1(t) \dots X_k(t)].$$

2. Выходной сигнал -  $Y$ , также представляет конечное множество функций от  $t$ :

$$Y = Y(t) = [Y_1(t) \dots Y_n(t)].$$

3. Внутреннее состояние объекта -  $Z$ , характеризующееся следующим множеством:

$$Z = Z(t) = [Z_1(t) \dots Z_m(t)].$$

4. Функционал текущих значений внутреннего состояния –  $f$ :

$$f = f [Z (t)].$$

5. Функционал текущего значения выходного сигнала –  $q$ :

$$q = f [Y(t)].$$

Функционал - это переменная, зависящая от одной или нескольких функций.

В общем случае функционалы  $f$  и  $q$  зависят от  $t$ ,  $x(t)$ , а в вероятностных системах и от случайной функции -  $\omega(t)$ .

Параметры  $X, Y, Z$  характеризуют связь параметров системы со временем, а функционалы отображают, как работает система по преобразованию сигналов.

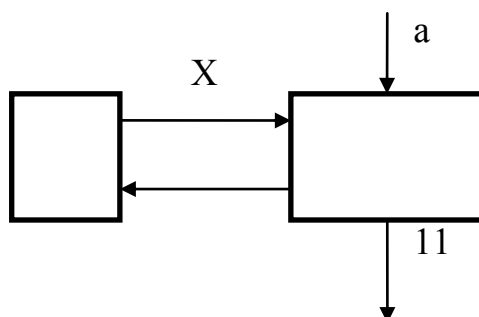
Таким образом, КС может рассматриваться как преобразователь информации, который трансформирует поток входных сигналов  $X(t)$  в поток выходной информации  $Y(t)$ .

Создание корректной математической модели КС заключается в возможности вычисления выходных сигналов  $Y(t)$  для всех  $t > 0$ , при задании начального состояния системы  $Z_0$ , и входного сигнала  $X(t)$ , при  $t \geq 0$ .

Особенностью здесь является то, что кибернетический аспект рассмотрения системы предполагает чисто информационное представление системы. Взаимодействие элементов при этом описываются не физическими параметрами, а системой информационных кодов.

## 1.5. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

С учетом вышесказанного, модель СУ можно представить более точной, по сравнению с рис. 1.2, схемой (рис.1.6).



b

На данном рисунке X и Y соответственно сигналы прямой и обратной связи, a - воздействия окружающей среды, b - выходной сигнал, характеризующий качество функции управления, т.е. заданный контрольный параметр состояния системы (например, заданное число оборотов двигателя).

Функционирование СУ происходит следующим образом: при воздействии на УО внешних факторов - a, УС получает информацию об изменении состояния УО через выходной сигнал - Y, вырабатывает управляющее воздействие - X, которое приводит УО в требуемое состояние - Z.

Данный цикл может многократно повторяться до тех пор, пока сигнал b не примет заданной величины. Таким образом, процесс управления может иметь колебательный характер с затухающей амплитудой.

Задача синтеза СУ ставится следующим образом: для заданного УО, заданных внешних воздействиях - a, спроектировать УС, обеспечивающую реализацию требуемого критерия качества управления - b.

Таким образом, для создания эффективной СУ необходима рационально спроектированная УС. Под УС понимаются объекты, имеющие определенную структуру и обладающие соответствующими функциями, т.е. свойствами выработки управляющих воздействий, несущих информацию соответствующую их физической природе. Например, к УС можно отнести центральную нервную систему, управляющую ЭВМ, фразу языка, орган государственного управления и т.д.

УС реализует следующие функции:

- а) сбор информации;
- б) переработку информации;
- в) выработку команд управления;
- г) передачу команды управления.

В УС обычно каждый из элементов связан с памятью, являющейся центральным элементом структуры. Состояние памяти, принимаемое из некоторого конечного множества, составляет информацию УС.

Кроме понятия структуры, для характеристики УС в кибернетике используются понятия координат элементов и функций УС. Координаты определяют положение элементов и самой УС. Функция характеризует её возможные преобразования, происходящее детерминировано или стохастически (случайно). Эти преобразования могут изменить состояние памяти, информации, структуры и положения УС, что в конечном итоге изменяет характер её воздействия на УО.

Особенность УС, рассматриваемых кибернетикой, заключается в том, что две УС, имеющие одинаковую структуру и функции, независимо от их

физической природы, реализуют управление одинаково. На этом основано моделирование систем для их разработки и анализа.

## 1.6. ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ УС

Эффективность УС проявляется в реализации рационального управления УО. При создании качественной УС необходимо учитывать, что обобщенно процесс управления включает этапы:

1. Сбор и передача информации в УС о фактическом состоянии УО.
2. Обработка полученной информации и оценка отклонений в состоянии УО.
3. Выработка решения или формирование управляющего сигнала, команды.
4. Передача команды на исполнительный орган.

Из анализа указанных этапов следует, что для качества процесса управления УС должна обеспечить:

1. Получение своевременной объективной и достоверной информации о состоянии УО.
2. Быструю обработку информации и выработку решения, по возможности оптимального.
3. Своевременную и точную передачу команды.
4. Правильную реализацию команды исполнительными органами.

Основу эффективности процесса управления составляет функциональная модель объекта, заложенная в управляющую систему. Качество работы УС будет зависеть от того, насколько в этой модели отражаются реальные управляемые процессы.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение управления. Понятия: система, внешняя среда. Параметры и свойства систем.
2. Система управления. Состав и взаимодействие элементов. Особенности сигналов и каналов связи. Свойства СУ.
3. Виды управления и их характеристика.
4. Различия и общность видов управления. Структура теории управления.
5. Управление и информация. Понятие энтропии.
6. Характеристики кибернетической системы. Схема системы управления, процесс функционирования и задача синтеза.
7. Управляющая система и её основные характеристики. Факторы эффективности УС.

## 2. БОЛЬШИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

### 2.1. ПОНЯТИЕ БОЛЬШОЙ (СЛОЖНОЙ) СИСТЕМЫ

Для успешного создания модели УО и эффективных УС необходимо достаточно глубокое изучение самих объектов. Основными объектами изучения в теории управления и кибернетике являются большие сложные системы (БСУ). К таким системам могут быть отнесены системы СУ крупными предприятиями, техническими объектами (корабль, самолет, электростанция и т.п.), СУ воздушным движением, ПВО, обслуживание пассажиров и т.д.

Отличительными особенностями и свойствами БСУ являются:

1) Наличие большого числа взаимосвязанных и взаимодействующих элементов. При этом изменение характера работы одного из элементов обычно отражается на функционировании других, и всей системы в целом;

2) Наличие у всей системы общего назначения (цели), определяющего единство ее функционирования, несмотря на разнообразие входящих в нее элементов;

3) Сложность структуры и связей элементов системы, их переменность, обеспечивающая многорежимный характер функционирования и возможность адаптации к изменениям;

4) Система, а также входящие в нее элементы являются многофункциональными;

5) Система содержит сложную сеть как причинных, так и случайных связей. При этом одни элементы могут иметь непосредственную связь, другие - косвенную, третьи - очень отдаленную. Такой характер связей относится как к внутренним компонентам системы, так и к взаимодействию с внешней средой;

6) Взаимодействие элементов в системе может происходить на основе обмена информацией, энергией, материалами, продукцией, и др.;

7) Структура системы в большинстве случаев является многоуровневой (иерархической). При этом сочетается централизованное управления и определенная автономность частей системы;

8) Наличие больших потоков информации, сложной информационной структуры, достаточно сложных алгоритмов переработки информации.

Таким образом, понятие "сложности" системы весьма относительно. Можно считать, что по сравнению с более простой системой, более сложная имеет некоторые (не обязательно все) из вышеперечисленных особенностей. Кроме того, часто сложность связывают со степенью изученности системы, а также ее упорядоченностью и организованностью.

Как уже упоминалось, примером БСУ может быть крупное промышленное предприятия, т.к. оно имеет большое число структурных единиц, все связи между которыми, проследить очень трудно. Действительно, связи между цехами, отделами и службами, а также между отдельными работниками характеризуются не только регламентированными административными, функциональными, но и морально - психологическими факторами.

Сложная система, помимо объемности числа элементов и связей, характеризуется неопределенностью, т.к. в некоторых случаях трудно предсказать результат того или иного управляющего воздействия из-за сложности взаимодействия целей и интересов, как отдельных элементов, так и групп.

Названные особенности БСУ необходимо учитывать при их создании, усовершенствовании, прогнозировании их поведения и организации управления ими.

## 2.2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ БСУ

Исследование, создание и эффективное управление БСУ основывается на принципах, методах, разработанных в теории управления, кибернетике и других науках. Рассмотрим наиболее существенные из них.

Одно из основных положений кибернетики - возможность управления БСУ при неполном знании механизмов их функционирования. Эта возможность в определенной степени реализуется использованием принципа обратной связи и метода "черного ящика".

Принцип обратной связи заключается в том, что на выходе УО формируется сигнал рассогласования между фактическим значением выходного сигнала -  $Y$  и его заданным значением -  $k$ . Этот сигнал -  $R$  поступает в УС, действие которой направлено на уменьшение такого рассогласования (рис 2.1.).

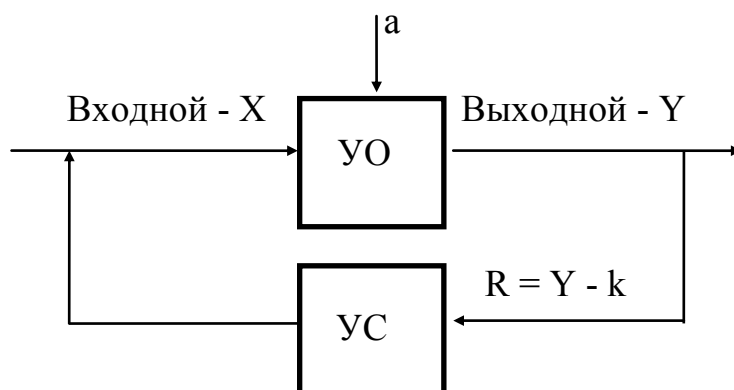


Рис. 2.1.

В данном случае УС (это может быть регулятор, автомат, человек и т.д.) воздействует на УО так, чтобы поддерживать состояние выходного сигнала в заданных пределах, несмотря на внешние возмущения - а. Такой процесс называют еще регулированием с обратной связью или регулированием по отклонениям.

На основе обратной связи и происходит процесс управления, за исключением "жесткого" управления, где обратные связи отсутствуют.

Обратная связь может быть положительной или отрицательной в зависимости от соотношения фактического и заданного значений выходного сигнала ( $Y < k$  или  $Y > k$ ).

При положительной связи для получения заданного выходного сигнала сигналы фактический и рассогласования складываются ( $Y + R$ ), при отрицательной - вычитаются ( $Y - R$ ), т.е. происходит содействие или противодействие изменению выходного сигнала.

Принцип обратной связи - незаменимое средство создания эффективных сложных организационных систем. Здесь он реализуется в своевременном поступлении информации в управляющие органы, на основе которой принимаются оперативные меры при отклонениях в ходе процесса.

Наиболее эффективно, когда обратная связь реализуется автоматически, за счет использования технических средств или соответствующих организационно-методических мер.

Метод "черного ящика" относится к основным методам анализа и синтеза сложных кибернетических систем. При этом методе, варьируя (изменяя) входные сигналы в УО и фиксируя получаемые на выходе данные, можно получить представление о функционировании объекта, не рассматривая его внутреннего устройства. Этот метод эффективен, когда внутреннее строение системы очень сложно, недостаточно изучено и не позволяет четко определить влияние внутренних и внешних связей.

Данный метод основан на следующем:

- 1) На способности сложных динамических систем сохранять устойчивость в определенных границах воздействий со стороны внешней среды;
- 2) На возможности реализации одних и тех же функций разными внутренними структурами и разными средствами. Например, вычислительные и логические функции могут выполняться на белковых (нервная ткань), электронно-ламповых, полупроводниковых, механических и других средствах.

Таким образом, метод "черного ящика" реализует функциональный подход к управлению УО, абстрагируясь от его внутреннего устройства или его частей. Например, плановик предприятия может не знать все детали производственного процесса, но, варьируя ресурсы и средства на входе,



обеспечивать получение необходимого количества готовой продукции - выход системы.

Следующий принцип - включение человека в контур управления. При проектировании УС необходимо учитывать, что автоматическое управление (АУ) не всегда эффективно. Дело в том, что АУ осуществляется по закону управления, соответствующему УО. Однако практически в этом законе невозможно учесть все факторы, влияющие на процесс. В этой связи более эффективны ЧМС, где используется опыт, интуиция и другие качества человека, которые реализовать аппаратно сложно.

УС с участием человека обладает следующими свойствами:

- способностью к распознаванию ситуаций;
- способностью к учету предыдущего опыта и обучению;
- способностью к более точной настройке устройств управления.

Естественно, что развитие техники постепенно находит возможность реализовывать аппаратно некоторые из этих свойств, тем самым, совершенствуя АС.

При разработке УС следует также опираться следующие общие принципы управления:

1. Закон необходимого разнообразия (Р.Эшби), который упрощенно заключается в том, что регулирующих параметров должно быть больше, чем регулируемых переменных. Отсюда при усложнении УО существенно увеличивается и сложность УС (увеличение числа управленческого аппарата и использование средств автоматизации).

2. Принцип внешнего дополнения (Ст.Бир). По данному принципу, любая СУ нуждается в средствах моделирования и учета вероятностных или случайных факторов (случайной функции -  $W$ ) действия внешней среды и систем более высокого уровня иерархии (т.е. любая система нуждается в "черном ящике" с помощью которого моделируются неучтенные воздействия).

3. Принцип оптимальности, заключающийся в обеспечении управления, отвечающего определенным критериям. Например, минимуму времени, энергозатрат, материалов, ресурсов и т.п.

Оптимизация не может быть "вообще", она возможна лишь по отношению к конкретным задачам управления. В теории оптимального управления решаются не только задачи при полном наборе необходимых и достаточных условий, но и при неопределенности и недостаточности сведений. В некоторых случаях эти вопросы решаются созданием самообучающихся и адаптивных систем.

Абстракции и обобщения теории управления и кибернетики открывают широкие возможности использования для создания и функционирования БСУ большого числа математических методов. Арсенал этих средств охватывает практически все разделы математики.

Применение математических методов позволяет во многих случаях получить точные количественные характеристики процесса управления и решать задачи его оптимизации. Эти возможности существенно расширяются с использованием СВТ.

Не во всех случаях точные методы являются эффективными. В сложных неопределенных условиях математика не всегда дает желаемые результаты. Поэтому, помимо названных методов, широкое использование для анализа сложных проблем находят и методы теории систем. Часто они позволяют уменьшить вероятность грубых просчетов, хотя не всегда однозначно решают проблему.

### 2.3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Сложность и особенность БСУ вызвали необходимость разработки новых подходов к изучению новых систем, которые объединены под общим названием - системный подход (СП). Методология СП вытекает из "теории больших (сложных) систем". Вопросы проектирования сложных систем в технике охватывает научно-техническая дисциплина "системотехника".

К теории управления применимы те положения этих направлений, которые включают вопросы организации управления и создания сложных СУ.

Суть СП заключается в наличии определенного идеологического и организационного плана, пронизывающего насквозь все этапы решения проблемы анализа или создания БСУ. При этом каждый элемент БСУ рассматривается не сам по себе, а во взаимодействии с другими. Решение задач нацеливается не на самое лучшее, а наиболее эффективное по показателям решение (самое лучшее не всегда возможно реализовать - по срокам, средствам).

Системные задачи могут быть двух типов: системного анализа и системного синтеза. Системный анализ предполагает определение свойств системы при известной структуре, а системный синтез – построение структуры системы по заданным свойствам [3].

Необходимость СП связана с ростом темпов развития науки и техники сложных систем, увеличением стоимости и сроков их разработки, возможности морального старения систем до момента их ввода в строй. Отсюда основное целевое назначение СП - сокращение периода проектирования и создания при необходимом уровне качества.

В основе СП лежат принципы: физичности, моделируемости, целенаправленности [3].

*Принцип физичности* гласит: всякой системе (независимо от ее природы) присущи физические законы (закономерности), возможно уникальные, определяющие внутренние причинно-следственные связи,

существование и функционирование. Система обладает интегративными качествами, т.е. качествами, присущими системе в целом, но не свойственными ни одному из ее элементов в отдельности. Отсюда следует важный вывод, что система не сводится к простой совокупности элементов, т.к. изучая их в отдельности, нельзя познать все свойства системы в целом.

*Принцип моделируемости* гласит: сложная система представляется конечным множеством моделей, каждая из которых отражает определенную грань ее сущности.

Модель системы - это описание, отображающее определенную группу её свойств.

Различают функциональную, морфологическую (структурную) и информационную модели (описания) системы.

Функциональная модель системы (ФМС) - это модель, описывающая изменение состояния (поведения) системы во времени. Здесь состояние - это множество существенных свойств, которыми обладает система в данный момент времени.

Морфологическая (структурная) модель системы - это модель, описывающая структуру системы, т.е. совокупность элементов, входящих в систему, и связей между ними. Морфологические свойства системы существенно зависят от характера связей. При этом выделяют информационные, энергетические и вещественные связи (см.п. 6 свойств БСУ в разделе 2.1.).

Информационное описание (модель) системы должно характеризовать информационные процессы, протекающие в системе управления, должно давать представление о зависимости функциональных и морфологических свойств системы от количества и качества внутренней и внешней информации, о потоках информации, циркулирующих в системе, и их параметрах.

Методология системного подхода ориентирует на рассмотрение всех описаний (моделей) системы, на раскрытие её целостности, на выявление многообразных типов связей сложного объекта и сведения их в единую теоретическую картину.

*Принцип целенаправленности* гласит: что сложной системы управления присуща функциональная тенденция, направленная на достижение системой некоторого состояния, либо на усиление (сохранение) некоторого процесса.

Основные задачи, которые решаются при системном подходе:

1. Определение общей структуры системы.
2. Организация взаимодействия между подсистемами и элементами.
3. Учет влияния внешней среды.
4. Определение оптимальных алгоритмов функционирования системы и управления ею.

В общем случае проектирование БСУ можно разделить на две стадии: макро- и микропроектирование.

При макропроектировании (внешнем проектировании) решаются функционально-структурные вопросы создания системы в целом.

При микропроектировании (внутреннем проектировании) ведется разработка элементов системы, их конструкций, параметров и режимов эксплуатации.

В соответствии с таким подходом, системотехника определяется как совокупность точек зрения, методов и принципов, связанных с макропроектированием сложных систем.

## 2.4. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ БСУ

Процесс разработки БСУ существенно зависит от вида системы, ее назначения и целей, которые ставит проектировщик. Однако для любых БСУ в рамках СП в ее создании могут присутствовать следующие этапы:

1. Формулировка проблемы (постановка задачи) - ПЗ.
2. Выбор критериев или системы показателей эффективности системы - ВК.
3. Определение вариантов построения системы - ОВ.
4. Формальное описание вариантов системы - составление математических моделей - М.
5. Анализ эффективности вариантов системы - АВ.
6. Исследование и выбор оптимального варианта системы - ВВ.

Этап 1 включает определение цели создания системы или дерева целей (взаимосвязанный комплекс целей). Отсутствие четко сформулированной главной цели, которая преследуется при разработке новой системы, дезориентирует проектировщиков ее отдельных элементов.

Цели системы и круг решаемых ею задач обычно определяется исходя из потребностей практики, тенденций развития техники и экономической целесообразности. Формальных правил решения этого вопроса нет. Здесь используется лишь опыт применения аналогичных систем и инженерная интуиция.

Для СУ формулируют цель управления в соответствии с особенностями объекта управления и внешней среды.

Важными моментами постановки задачи являются предпроектное исследование УО и анализ внешних факторов, действующих на систему, выделение наиболее существенных. Данный анализ должен конкретизировать задачи, функции, решаемые системой, необходимые ресурсы (финансы, энергообеспечение, материалы, кадры и т.п.) и ограничения.

Этап 2. Для количественной оценки эффективности СУ выбирают один или несколько показателей (критериев). Критерий эффективности должен определять основные направления в поиске свойств системы, определяющих оптимальное выполнение функций системы. Например, для АСК критерием будет максимальная достоверность.

Выбор критериев представляет ответственную задачу, особенно при множестве целей. В этом случае определяется обобщенный критерий.

Принятый критерий является основой для принятия решений о выборе структуры, алгоритмов функционирования БСУ из некоторого множества альтернатив.

Этап 3. При определении вариантов построения системы решаются вопросы анализа и синтеза структурного, функционального и информационного описания систем. Основными вопросами этого этапа для каждого варианта являются:

- определение задач (функций) системы;
- выбор алгоритмов их реализации;
- формирование общей структуры системы и распределение задач по элементам и уровням системы;
- определение связей элементов и способы их реализации.

На этой основе формируются альтернативные варианты представления системы.

Этап 4. После определения вариантов построения системы выполняется формализация процессов и задач на математическом уровне, т.е. для каждого варианта строится соответствующая математическая модель, позволяющая дать адекватное описание процессов функционирования системы и выявлять зависимость критериев эффективности от параметров системы и внешней среды, структуры и алгоритмов взаимодействия элементов системы.

Этап 5. Здесь выполняются необходимые расчеты в соответствии с математической моделью по каждому варианту. При необходимости проводятся экспериментальные исследования или имитационное моделирование. Основная задача данного этапа - определение значения критерия эффективности для каждого из рассматриваемых вариантов.

Этап 6 является самым ответственным. Включает сравнение показателей эффективности рассматриваемых вариантов и выбор оптимального. Здесь основная роль принадлежит руководителю или экспертной группе, особенно в том случае, когда величины критериев, близких к оптимальному, отличаются незначительно.

Следует обратить внимание, что последовательное выполнение названных этапов исследования или разработки системы (индуктивный подход) не всегда позволяет достигнуть поставленных целей. Отличие системного подхода состоит в совместном и взаимосвязанном выполнении всех этапов разработки, что характеризуется возвратами от последующих этапов к предыдущим, появлением внутренних циклов, вызванных необходимостью внесения оперативных корректив в ход процесса (Рис. 2.2).

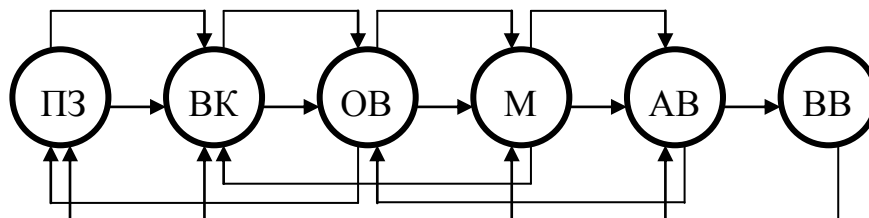


Рис. 2.2.

При использовании СП, несмотря на его эффективность, необходимо также учитывать, что СП - это познание сложных систем через модели, которые более просты, чем их реальные прообразы. Поэтому обычно выбранный оптимальный вариант БСУ (или 2-3) требует дополнительных исследований на действующих макетах, имитационных установках и т.п., чтобы убедиться в том, что выбранный вариант действительно соответствует цели разработки и обладает требуемой эффективностью.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Отличительные особенности БСУ.
2. Сущность принципа обратной связи.
3. Метод "черного ящика". Сущность его использования.
4. Общие принципы управления (включение человека в СУ, необходимого разнообразия, внешнего дополнения, оптимальности и др.)
5. Сущность принципа системного подхода.
6. Основные понятия системного подхода.
7. Стадии и этапы системного подхода.

## 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

### 3.1. ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Моделирование - это метод изучения объекта заменой его аналогом - моделью, способной в определенных соотношениях воспроизводить его определенные свойства.

Данный метод - один из основных методов, позволяющих проектировать БСУ с оптимальными параметрами, исследовать режимы их функционирования и управлять сложными процессами в режиме "реального" времени.

Достоинства метода заключаются в возможности изучать сложные системы, натурные эксперименты с которыми слишком дороги или просто невозможны, процессы, недоступные прямому наблюдению, предельные и аварийные ситуации в системах.

Кроме того, метод позволяет проводить проверку теоретических расчетов и получать более наглядное представление о процессах.

Рассмотрим некоторые особенности метода моделирования:

1) Вид моделирования определяется характером используемых моделей. В связи с широким использованием этого метода, в литературе указывают следующие виды моделирования: концептуальное предметное (физические), электрическое (аналоговое), знаковое, математическое, мысленное, психологическое, информационное, функциональное, имитационное и т.д.

Всё разнообразие видов моделирования можно свести к трем основным: физическое, основанное на одинаковой физической природе процессов; аналоговое - для процессов, описываемых одинаковыми дифференциальными уравнениями; математическое, основанное на использовании в описании объектов и их функционирования математических методов, в том числе математической логики. Разновидностями метода математического моделирования являются информационное и имитационное, которые наиболее применимы в организации управления, анализе и синтезе БСУ.

2) Математическое моделирование СУ непосредственно связано с использованием алгоритмического подхода, т.к. управление в БСУ сводится к реализации определенного алгоритма (порядка работы) переработки информации. В этой связи в теории управления важное место занимают математико-логические дисциплины: теория алгоритмов, программирования, теория автоматов. Особенно велика роль алгоритмического подхода при использовании ЭВМ.

Матмодель обычно представляет собой систему уравнений, комплекс таблиц или алгоритм вычисления, включающий формульные зависимости между характеристиками и параметрами, ограничения, условия перехода, задание циклов счета, критерии его окончания и т.д.

3) Для исследования одного и того же объекта, в связи с определенными упрощениями, вносимыми в модели, обычно используется несколько моделей. При этом каждая модель решает задачи выявления определен-

ного круга свойств объекта. Поэтому наибольшую полноту анализа дает применение комплекса моделей. В этом плане для анализа и синтеза БСУ используются структурные, функциональные и информационные модели, которые рассмотрим ниже.

4) Следующая особенность моделирования заключается в его итерационном характере, с последующим усложнением моделей и использованием полученных ранее (на наиболее простых моделях) сведений. То есть моделирование не разовый, а сложный диалектический процесс последовательного приобретения знаний об объекте.

5) Адекватность модели и объекта обеспечивается пропорциональностью сходственных параметров и учетом критериев подобия. Критерий подобия - это математическая или качественная формулировка условий, при которых модель может считаться объективно отражающей оригинал. Эти понятия особенно важны при аналоговом и физическом моделировании.

При моделировании необходимо учитывать следующие положения:

1) Избегать переусложнения и переупрощения модели. Для этого тщательно анализируется объект с выявлением и исключением второстепенных факторов, в разумных пределах задаются допущения и ограничения.

2) Использовать достоверную исходную информацию и исключать ее искажение при преобразованиях и передаче по каналам связи.

3) При построении модели использовать наиболее эффективные численные и оптимизационные методы. При необходимости формировать многоуровневые модели с использованием соответствующих математических и языковых средств на каждом из уровней.

4) Обязательно проводить предварительное тестирование (проверку) модели сравнением полученных с её помощью результатов с известными и проверенными экспериментальными или статистическими данными по аналогичным объектам. О соответствии модели судят по соблюдению закономерности изменения и погрешности исследуемых параметров.

Алгоритм или математическая модель должны отвечать следующим требованиям:

1) Соответствие физическому смыслу и аналогичным явлениям, процессам. Соблюдение правильности зависимости параметров по направлению и скорости изменения;

2) Обеспечение заданной точности решения задачи. Здесь используется среднеарифметическая или среднеквадратичная оценка результатов решения;



3) Сходимость расчета и решаемость задачи при заданных условиях, возможность получения однозначного решения;

4) Устойчивость результатов в заданном диапазоне исходных параметров. Исключение экстремальных ситуаций при приближении параметров к нулю или бесконечности;

5) Возможность контроля промежуточных результатов;

6) Соответствие размерностей сравниваемых и складываемых величин.

Рассмотренные рекомендации носят обобщающий характер, могут дать возможность определенной ориентировки в построении математической модели или алгоритма явления. В практике целесообразно сформировать и проверить их различные варианты в зависимости от конкретных условий.

### 3.2. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ БСУ

Задача структурного моделирования - определение оптимальной структуры (совокупности элементов и связей между ними) системы по выбранному критерию эффективности. Оно является основой для анализа и синтеза построения БСУ, как уже созданных для их усовершенствования, так и для выбора синтезируемых вариантов.

Построение структуры БСУ заключается в выделении элементов структуры, решающих определенные задачи из общего объема функций БСУ. В основе выделения лежит принцип объединения в одном элементе функций,

наиболее связанных информационно и функционально.

Решение этих задач с применением математических моделей и СВТ требует соответствующих средств формализации.

Наиболее часто здесь используется математический аппарат теории графов. В этом случае элементы структуры располагаются в узлах (вершинах) графа, а дуги (ребра) определяют отношения между ними (Рис.3.1).

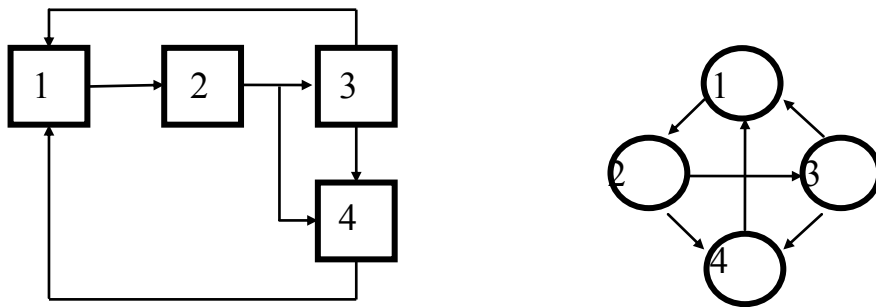


Рис. 3.1.

Структуры БСУ довольно разнообразны, но наиболее характерными являются: последовательная - I, кольцевая - II, древовидная - III, радиальная - IV, полный граф - V, несвязная - VI (Рис.3.2).

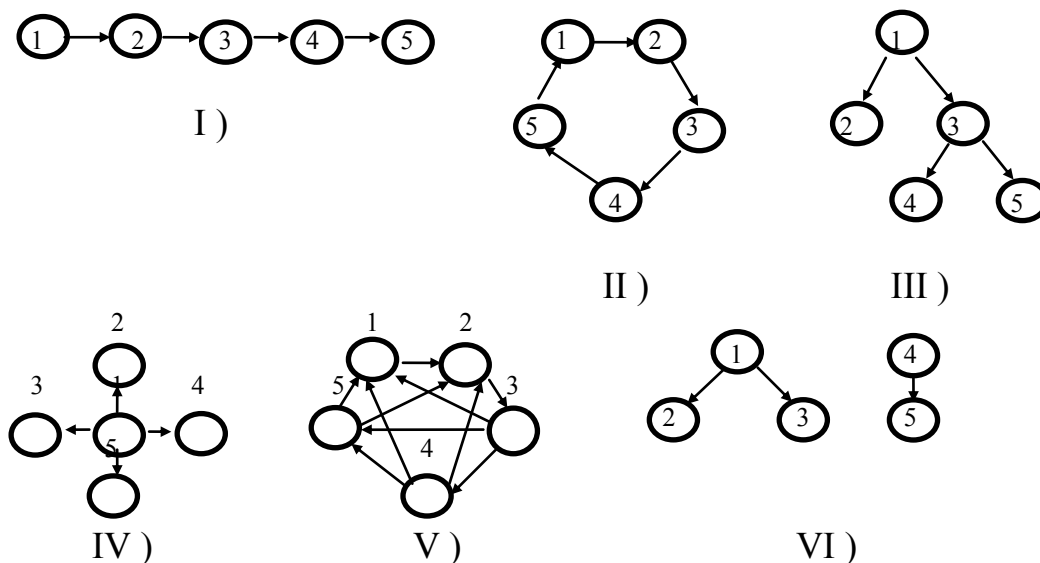


Рис. 3.2.

Естественно, что реальные структуры БСУ могут строиться с использованием нескольких видов представленных структур и их комбинаций.

Для предварительной оценки структур применяются следующие количественные характеристики:

1) Связность структуры -  $C$ , определяет наличие связей между элементами. Обычно  $0 \leq C < 1$ ;

2) Структурная избыточность -  $R$ , отражает превышение общего числа связей над минимально необходимым.  $R$  может быть меньше, больше или равно 0;

3) Показатель неравномерности распределения связей -  $E^2$ , характеризует среднеквадратичное отклонение заданного распределения степеней вершин  $P_i$  от равномерного:

$$\bar{P} = \frac{2M}{N} .$$

Здесь:  $M$  - число дуг;  $N$  - число вершин. Степень вершины – число ребер, подходящих к вершине.

4) Структурная компактность - характеризуется двумя параметрами: структурной близостью -  $Q$  и диаметром структуры -  $D$ .

Близость двух элементов структуры определяется минимальной длиной пути, которым называется такая последовательность дуг, когда конец предыдущей совпадает с началом последующей. Длина пути - число дуг в нем. Параметр  $Q$  отражает относительную суммарную близость элементов между собой в системе ( $0 < Q < 1$ ). Диаметр структуры равен максимальной длине пути в системе ( $D = D_i \max$ ).

5) Степень централизации -  $\Psi$  характеризует степень равномерности распределения связей по элементам структуры ( $0 < \Psi < 1$ ).

Приведенные количественные характеристики можно использовать для сравнительной оценки топологических свойств структур БСУ, например: для структур на рисунке 3.2 эти характеристики имеют следующие значения:

	R	$E^2$	Q	D	Ц
I -	0,00	1,2	1,0	4	0,7
II -	0,25	0,0	0,5	2	0,0
III -	0,00	7,2	0,6	2	1,0
IV -	0,00	3,2	0,7	3	0,7
V -	1,50	0,0	0,0	1	0,0
VI -	-0,25	-	-	-	-

Учитывая преобладающий характер в СУ информационных связей, можно отметить следующее:

- связность показывает наличие обрывов связи, висячие вершины и т.п.;
- показатели структурной компактности позволяют оценивать скорость прохождения информации;
- характеристики избыточности отражают степень надежности системы;
- степень централизации характеризует как информационные, так и надежность свойства систем.

После выбора вариантов структур составляются алгоритмы распределения задач по узлам системы и распределения алгоритмов их решения.

Алгоритмы могут быть представлены целевыми функциями принятых критериев с учетом заданных ограничений. Целевая функция здесь представляет систему зависимостей критерия оптимальности от характеристик и параметров системы.

Например, алгоритм распределения задач может быть представлен в нижеприведенном виде.

Задано: множество задач ( $i = 1, 2, 3, \dots I$ );  
множество узлов ( $j = 1, 2, 3, \dots J$ );  
критерий - минимум затрат -  $C \min$ .

Пусть затраты на реализацию  $i$ -й задачи в  $j$ -м узле -  $C_{ij}$ . Введя дополнительную переменную  $X_{ij}$  ( $X_{ij} = 1$  при решении задачи в  $i$ -м узле, и  $X_{ij} = 0$  - если задача не решается), получим целевую функцию:

$$C_{\min} = \min \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ij} * X_{ij}$$

при ограничениях:  $T < T_z$  - общее время решения задач;

$P < P_z$  - допустимая нагрузка каждого узла и т.п.

Подобный алгоритм представляет собой разновидность модели дискретного программирования и решается методами оптимизации, используемыми в названном разделе математики.

Итак, структурный анализ БСУ должен позволить:

- выделить элементы системы, существенные для ее функционирования и управления;
- определить структуру системы и распределения задач по элементам;
- оптимизировать связи (информационные потоки) системы.

- оценить качество структуры, а в некоторых случаях и оптимизировать ее уменьшением числа элементов и связей, сокращением излишней информации и т.п.

### 3.3. МЕТОДЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА БСУ

Функциональный анализ (ФА) выполняется после выполнения структурного проектирования БСУ, когда выделены элементы и структурная конфигурация, существенные для работы системы и управления ею, определены потоки информации, циркулирующие в системе.

Здесь используются понятия каналов и контуров назначения, смысл которых поясним схемой (рис.3.3).

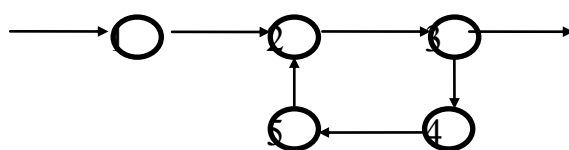


Рис. 3.3.

Последовательность 1-2-3 здесь является каналом, а 2-3-4-5-2 - контуром. Если по каналу (контур) передается управляющее воздействие, то это канал (контур) управления, если не управляющие сигналы - канал (контур) следования.

Основная задача ФА - определение функциональных свойств и особенностей поведения БСУ, степень их соответствия целям создания системы. Реально ФА в зависимости от потребностей практики может включать большое число вопросов, связанных с поведением системы и ее отдельных элементов при управлении и воздействиях внешней среды.

К числу таких вопросов могут относиться исследования временных показателей (производительность, пропускная способность, реакция системы), определение характеристик надежности, поведения в критических ситуациях и т.п.

Одним из основных методов построения функциональной модели системы (ФМС) является агрегатный подход (агрегатная модель - АГМ). Суть этого метода заключается в представлении БСУ и ее элементов в виде кибернетических моделей (см. рис.1.5), их математическом описании, которое обеспечивает возможность необходимых расчетов.

Функционирование системы во времени рассматривается как процесс перехода системы из состояния в состояние, т.е. поведение системы описывается некоторым набором характеристик  $z_i$ , принадлежащих множеству  $Z_i$ .

Изменение состояния системы (динамика) определяется множеством входных сигналов, образующим входной процесс  $X_L$ .

Для определения поведения системы выводятся соотношения между множеством состояний системы, входным процессом и множеством выходных сигналов.

Динамика систем считается заданной, если определены функционалы  $f$  и  $g$ , которые еще называют соответственно оператором переходов и оператором выходов.

Математическая модель функционирования детерминированной системы в этом случае имеет вид:

$$z(t) = f\{t_0, t, z(t_0) [ t, X_L ] \};$$

$$y(t) = g[t, z(t)].$$

Для задания динамики стохастических систем вводят понятие случайной функции (оператора) -  $W$ , и их модель имеет вид:

$$z(t) = f\{t, t_0, z(t_0, W_0), [t, X_L]_{t_0}^t, W_1\};$$

$$y(t) = g[t, z(t), W_2],$$

где  $W_0, W_1, W_2$  - элементарные случайные события, которые независимо выбираются в соответствии с вероятностями  $Pz_0(W_0), Pz(W_1), Py(W_2)$ .

Кроме агрегатного подхода, для анализа поведения БСУ могут использоваться:

1. Метод марковских процессов - моделирование функционирования БСУ при наличии случайных факторов. Наиболее эффективен для исследования установившегося и предельных режимов поведения БСУ.

2. Представление БСУ моделью системы массового обслуживания (СМО). В виде СМО могут быть представлены системы обслуживания телефонных коммутаторов, резервирования билетов, обработки информации контроля сложных объектов и т.п. Обычно этот метод сочетается с языком марковских процессов.

Оба названные метода представляют собой удобный математический аппарат для исследований при сравнительно небольшом числе состояний системы, иначе возникают проблемы трудоемкости вычислений даже для современных ЭВМ.

При большем числе состояний перспективны методы:

1. Основанные на представлении БСУ в виде сети массового обслуживания и последующей декомпозицией общей задачи на исследования характеристик простейших СМО, являющихся узлами сети.

2. Метод динамики средних, позволяющий получать средние характеристики системы, минуя определение вероятности системы. Принятые в методе допущения позволяют иметь малые погрешности при большом числе элементов системы.

Названные методы аналитического исследования поведения систем для разрешения математических трудностей требуют серьезных упрощений, что не позволяет проводить детальный анализ. Для более глубокого изучения функционирования БСУ используется метод имитационного моделирования.

### 3.4. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БСУ

Имитационное моделирование (ИМ) - это проведение на ЭВМ экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение БСУ, для определения их функциональных характеристик.

Основные этапы ИМ:

- 1) формулировка проблемы (постановка задачи);
- 2) построение математической модели;
- 3) планирование эксперимента и подготовка исходных данных;
- 4) разработка и отладка программ для ЭВМ по реализации вычислительного алгоритма;
- 5) проведение эксперимента;
- 6) обработка результатов исследований.

Состав этапов ИМ реализует системный подход к исследованию и их содержание в основном соответствует изложенному в занятии 2. Рассмотрим только особенности, относящиеся непосредственно к ИМ.

При планировании экспериментов (этап 3) решаются следующие вопросы:

- 1) выбор способов ускорения сходимости статистических оценок к истинным значениям критериев;
- 2) определение объема имитационных экспериментов;
- 3) составление плана проведения машинных экспериментов.

Задача определения объема эксперимента заключается в определении минимального числа реализаций, необходимого для обеспечения требуемой точности и достоверности результатов. Данные задачи решает специальный раздел математической статистики называемый "планированием эксперимента". Здесь используются методы "латинских" квадратов и кубов, принципы рандомизации, последовательного эксперимента, теория ошибок и т.д.

Для составления конкретного плана эксперимента могут использоваться каталоги планов эксперимента (например, каталог планов МГУ), в которых приводится сравнительная оценка планов и рекомендации по их применению.

Вычислительный алгоритм, обеспечивающий имитацию функционирования БСУ, должен обладать необходимой точностью, устойчивостью и

экономичностью. В нем должна сохраняться логическая структура, последовательность протекания процессов во времени, характер и состав информации о ходе процесса функционирования БСУ.

Моделирующий вычислительный алгоритм для ЭВМ должен являться дискретной аппроксимацией матмодели и отображать процессы функционирования множества элементов БСУ в виде последовательности их состояний.

Наиболее простой, но не самый экономичный, способ организации эксперимента называется принципом  $\Delta t$ , когда интервал работы системы  $[0; T]$  разбивается на шаги  $\Delta t$  и для каждого шага выполняется необходимый расчет.

Наиболее часто, однако для имитации БСУ используется принцип особых состояний. При построении алгоритма по данному принципу функционирование системы рассматривается как совокупность параллельных процессов, причем каждый из них есть некоторая последовательность событий, вызывающих изменение состояния системы. Развертывание параллельных процессов функционирования системы в последовательный (для реализации на ЭВМ) в соответствии с принципом особых состояний называется диспетчеризацией по принципу узловых точек.

Упрощенно схему такого алгоритма можно представить следующим образом:

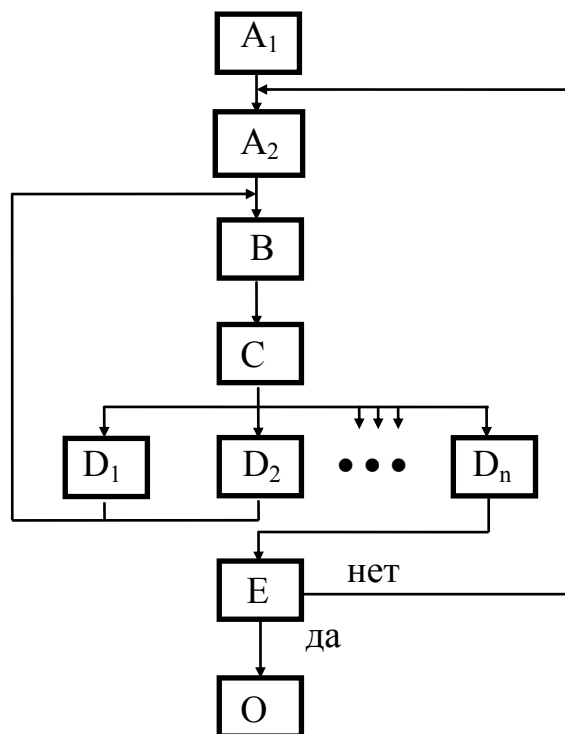


Рис. 3.4.

В данной схеме:

$A_1$  - оператор задания начальных условий для вариантов состояний системы;



$A_2$  - оператор задания начальных условий для одной реализации процесса в варианте;

$B$  - оператор определения момента изменения состояния системы. Содержит массивы времени  $T_i$  и состояний  $Z_i$ ;

$C$  - логический оператор, осуществляющий переход по номеру наступившего события к соответствующему оператору  $D$ ;

$D$  - оператор, имитирующий реакцию системы на событие. Выполняет операции, предусмотренные процессом функционирования, определяет моменты наступления следующих событий и передает их оператору  $B$ ;

$E$  - оператор, контролирующий выполнение достаточного для стохастической точности числа экспериментов. При меньшем количестве следует возврат к блоку  $A_2$ , при достаточном - переход к блоку  $O$ ;

$O$  - блок обработки вычислений и выдачи результатов.

Естественно, структура и содержание алгоритма в конкретном случае зависит от характера исследуемой системы и целей эксперимента.

Необходимо отметить, что функционирование БСУ всегда связано с множеством случайных факторов, что вызывает необходимость их программной имитации на ЭВМ. Способов такой имитации достаточно много: метод обратной функции, метод ступенчатой аппроксимации, метод предельных теорем и т.д.

Проведение эксперимента с помощью ИМ заключается в варьировании входными данными, что дает возможность в короткие сроки выявить особенности работы системы, ее поведения при крайних значениях параметров, сочетание условий, вызывающих аварийные ситуации и т.п.

Обработка и анализ результатов ИМ может проводиться методами математической статистики с разработкой соответствующих подпрограмм.

При этом результаты исследований могут приводиться в виде табличных или графических зависимостей. Возможности современной ВТ в части машинной графики, средств мультипликации, варьировании цветом и т.п. могут обеспечить динамические изображения состояний системы с достаточной наглядностью.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятие и особенности метода моделирования.
2. Факторы, учитываемые при моделировании.
3. Требования к математическим моделям.
4. Сущность структурного анализа и виды структур.
5. Основные количественные характеристики структур и их назначение.
6. Задачи функционального моделирования и его реализация в агрегатном подходе.

7. Основные методы функционального анализа.
8. Сущность метода имитационного моделирования, этапы выполнения, планирование эксперимента.
9. Вычислительный алгоритм имитационного моделирования.

## 4. ИНФОРМАЦИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

### 4.1. ВИДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Информация о различных процессах воспринимается человеком или техническим устройством в виде каких-либо полей. Математически такие поля представляются с помощью функций типа:

$$y = F(x,t), \quad (1)$$

где:  $y$  - величина поля;  $x$  - точка, где измеряется поле;  $t$  - время.

В большинстве случаев все величины, входящие в соотношение (1), могут принимать ряд непрерывных значений, т.е. изменяться на сколь угодно малую величину. Представленная таким образом информация называется непрерывной, иногда аналоговой.

При установлении некоторых минимальных шагов изменения рассматриваемых величин получим дискретное представление информации. Поскольку результаты измерений представимы в числовом виде как наборы цифр, то дискретную информацию иногда отождествляют с числовой. В действительности цифровая информация - это частный случай так называемого алфавитного способа представления дискретной информации.

Абстрактный алфавит представляет собой фиксированный конечный набор символов, которыми могут быть цифры, буквы, математические знаки и т.п.

Представление символов одного алфавита символами другого называется кодированием. Оно используется для более экономичного, точного и надежного представления информации, что важно для обеспечения связи, работы ЭВМ, и т.д. Иногда кодирование обеспечивает секретность информации, возможность более простого контроля и её обработки. В этой связи находят широкое применение системы кодирования и классификации различного назначения.

Простейшим абстрактным алфавитом является известная двоичная система счисления, состоящая из двух букв: "1" и "0".

Минимальная единица информации, способная принимать только два различных значения, как известно, называется битом. Последовательность из 8 битов называется байтом. Составленный этим способом алфавит называется байтовым и является вполне достаточным для представления в ЭВМ любой информации. При этом число символов, которое можно закодировать с использованием такого представления равно  $2^8 = 256$ .

## 4.2. СВОЙСТВА ИНФОРМАЦИИ

Информация, как элемент объективной реальности, обладает определенными количественными и качественными сторонами. Методологии рассмотрения названных свойств информации посвящен один из важнейших разделов кибернетики - теория информации (ТИ), которая исследует процессы хранения, преобразования и передачи информации.

ТИ имеет дело с определенной моделью системы связи и рассматривает вопросы передачи сообщений по каналам связи (Рис. 4.1).

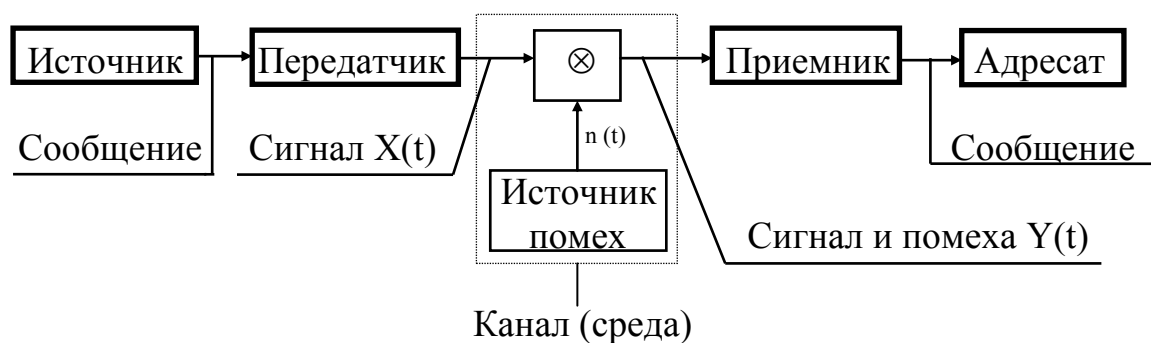


Рис. 4.1.

Основные проблемы, решаемые ТИ, сводятся к вопросам наибольшей производительности канала (количество информации в единицу времени) и надежности связи (способность донести сообщение адресату с минимальными искажениями). Решения этих вопросов связаны с понятием количества информации. Данное понятие особенно важно при необходимости обработки большого объема информации, рационализации информационных потоков при автоматизации их обработки.

Количество информации понятие достаточно сложное. Для статической информации ее количество можно определить в битах или байтах. Это касается информации, переносимой на машинных носителях.

Количество информации, которое содержится в каком-либо сообщении при его передаче по каналу связи, характеризуется соотношением вероятностей состояния объекта после и до получения сообщения. Вероятностный характер информации в определенной мере связан с особенностями языка (особенности орфографического построения слов, различная вероятность появления в тексте сообщений, отдельных букв и слов. Например, в английском наиболее часто встречается  $E = 131/1000$ , в русском -  $O = 110/1000$ ).

В определении количества информации используются вероятностный и комбинаторный подходы.

Для алфавита, состоящего из  $m$  элементов в сообщении длиной  $n$  символов, количество информации определяется по зависимости:

$$J = -n \sum_{i=1}^m P(i) * \log P(i), \quad (2)$$

где  $P(i)$  - вероятность появления элементов в сообщении.

Выражение (2) отражает вероятностный подход к определению количества информации (по Шеннону).

При комбинаторном подходе (по Хартли) считается появление символов равновероятным, поэтому за количество информации берут логарифм числа возможных сообщений  $N$ :

$$J = \log N = \log m^n = n * \log m. \quad (3)$$

С количеством информации связано понятие избыточности информации. Если сигнал из  $n$  символов содержит  $J$  информации и обладает избыточностью, то его можно передать с помощью  $n(o) < n$  числом символов. За меру избыточности информации принимается относительное удлинение сигнала:

$$R = 1 - \frac{J_1}{J_{\max}}, \quad (4)$$

где  $J_1 = J / n$ ;  $J_{\max} = J / n(o)$ .

Несмотря на важность учета количественных свойств информации, для решения задач управления этого недостаточно. Это связано с тем, что сообщения, имеющие одинаковое количество символов могут существенно отличаться качественно. Они могут нести не только разную смысловую нагрузку (семантика), но и отличаться ценностью (значимостью, полезностью), сложностью, объективностью, точностью, своевременностью, надежностью. Качественные свойства информации особенно важны в управлении человеко-машинными системами и в организационном управлении.

При наличии большого объема данных важно выделить для целей управления наиболее значимую и точную информацию, позволяющую наиболее эффективно решать конкретные задачи. Однако здесь недопустимы крайности, т.е. нельзя не учитывать необходимость некоторой избыточности информации. Несмотря на экономическую невыгодность, избыточность имеет существенные достоинства, т.к. позволяет лучше определить смысл сообщения или более точно распознать ситуацию (распознавание слов с ошибками, точная идентификация объектов). Кроме того, избыточная информация в виде резервных БД позволяет исключить потерю информации в аварийных ситуациях.

Сложность информации можно определить трудоемкостью и длительностью ее обработки для получения сведений, необходимых для выработки управляющего воздействия. Например, информация от датчиков или регистраторов состояния системы обрабатывается достаточно сложно.

Свойства объективности, точности и надежности информации связаны с ее достоверностью, отсутствием искажений, ошибок по сравнению с реальным состоянием объекта.

Достаточно важно свойство своевременности поступления информации, т.к. информация - "скоропортящийся" продукт. Понятно, что запаздывание информации равносильно ее отсутствию и может привести к критическим ситуациям.

Таким образом, в реализации эффективного управления необходим достаточно полный учет свойств информации, как основного элемента, обеспечивающего его качество.

#### 4.3. ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО КАНАЛАМ СВЯЗИ

При передаче информации по каналам связи также пользуются понятием относительной информации. Количество относительной информации - это соотношение между информацией об объекте до и после получения сообщений о состоянии объекта. Оно соответствует величине, рассматриваемой по формуле Шеннона (2).

Пропускная способность канала связи -  $C$  определяется как максимальная величина относительной информации  $J(x,y)$  выходного сигнала  $X(t)$  относительно входного -  $Y(t)$ , полученная в единицу времени  $t_0$ :

$$C = \lim (J_{\max}(x,y) / t_0), \quad (5)$$

при  $t_0$ , стремящемся к бесконечности.

На пропускную способность канала влияют помехи (шум). Под помехой в передаче информации принимается не только физические воздействия электромагнитных полей, но и различного рода искажения информации в оргсистемах.

В условиях помех пропускная способность определяется соотношением:

$$C = F_c * P_x / P_n, \quad (6)$$

где  $F_c$  - диапазон частот канала связи;

$P_x$ ,  $P_n$  - соответственно, средние мощности полезного сигнала и помехи.

В управлении существенную роль играет эффективность и надежность канала связи. Эффективность связана с задачами максимального заполнения объема сигнала полезной информацией и соответственно сокращения в нем помех.

Надежность есть мера соответствия принятого сообщения переданному и главным образом зависит от способности системы противостоять вредному действию помех, т.е. ее помехоустойчивости.

Для повышения помехоустойчивости используются следующие методы:

1) метод накопления заключается в многократном повторении сообщений, а также дублировании каналов связи. Здесь реализуется принцип избыточности информации;

2) метод фильтрации полезного сигнала от помех. При этом фильтр, основанный на той или иной физической основе, задерживает информацию помех;

3) корреляционный метод - основан на выделении помехи по принципу ее случайного характера и характеризующейся затухающей амплитудой.

#### 4.4. СТРУКТУРА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

Создание, анализ и эксплуатация сложных систем управления основывается на широком использовании современных математических методов.

В числе основных, используемых в решении проблем управления, выделяют следующие группы математических методов:

- 1) вероятностно-статистические;
- 2) оптимизационные;
- 3) методы дискретной математики;
- 4) специальные прикладные методы.

В группу вероятностно-статистических методов входят: методы теории вероятности, теории случайных процессов, теории информации, математической статистики, теории систем массового обслуживания, метод статистических испытаний (метод Монте-Карло), и др.

Группу оптимизационных методов составляют: вариационное исчисление, численные методы оптимизации, математическое программирование и теория игр.

Методы дискретной математики включают: теорию множеств, универсальную (общую) алгебру, математическую логику и связанную с ней теорию автоматов, математическую лингвистику, теорию алгоритмов. В данную группу входят методы комбинационного анализа, теория графов.

Условно выделенную группу специальных прикладных математических методов составляют методы, которые на основе математики позволяют решать те или иные прикладные задачи с учетом конкретной специфики. К этой группе можно отнести: методы кибернетики, метод исследования операций, математическую экономику, теорию надежности, теорию полезности, теорию распознавания образов, методы сетевого планирования, информатику и вычислительную математику.

Естественно, перечень названных методов нельзя считать полным. Для решения многих задач управления, особенно технических систем, с успехом используются методы классической алгебры, матанализа и других разделов математики, которые, в свою очередь, делятся на аналитические (дающее точное решение) и численные (решение с определенной точностью приближения).

Для анализа СУ выбор математических методов связан с их определенными характеристиками:

- 1) детерминированностью или вероятностью описания процесса;
- 2) статичностью или динамичностью (для детерминированных), стационарностью или нестационарностью (для вероятностных);
- 3) непрерывностью или дискретностью процессов (дискретность - протекание процесса с определенными перерывами).

Далее коротко рассмотрим некоторые методы.

#### 4.5. ОБЩИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Применение того или иного метода решения в основном определяется видом используемой модели.

Динамические процессы и явления чаще всего описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями, для решения которых используются методы: разделения переменных, подстановки, интегрирующего множителя и т.д. Для приближенных вычислений применяются: метод последовательных приближений, использование степенных рядов, методы Рунге-Кутты, Эйлера и другие.

В теоретических анализах систем для упрощения громоздких математических преобразований широко используется теория функций комплексного переменного, с использованием элементов которой строится операционное (символическое) исчисление. Операционные исчисления применяются для решения обыкновенных дифференциальных и интегральных уравнений типа свертки. Здесь используются методы: логарифмирование, преобразование Лапласа, преобразования Фурье.

На преобразованиях Лапласа основываются методы передаточных функций и частотных характеристик. Названные методы позволяют решать задачи изучения переходных процессов в электроцепях, системах управления, импульсной технике, автоматическом регулировании, синтезе корректирующих устройств и решении управленческих задач.

## 4.6. ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

В практике большой круг явлений и процессов связаны с влиянием случайных, точно не предсказуемых факторов. В ряде процессов имеет место вероятностный (стохастический) характер действующих факторов, однако рассеяние их параметров и характеристик подчиняется вполне определенным закономерностям. Для таких процессов существующие математические модели позволяют определить не точный конечный результат, а среднюю величину случайных событий, тем более точную, чем большее число анализируемых событий рассматривается. Подобные задачи решаются и моделируются средствами теории вероятностей и математической статистики.

Теория вероятностей рассматривает теоретические распределения случайных величин и их характеристики.

Математическая статистика включает способы обработки и анализ эмпирических событий.

В теории вероятностей анализируется достаточно большое количество видов теоретических кривых распределения, обладающих определенными свойствами: Гаусса (закон нормального распределения), Пирсона, Пуассона, Вейбулла, Шарле, Гудрича, показательный закон, альфа, бета - распределения и т.д.

В статистике, после сбора данных, строят эмпирические кривые, а для подбора соответствующего аппарата вычислений (математического) и обработки результатов, сравнивают их с теоретической кривой. Таким образом, основной задачей статистики является подбор теоретической кривой для имеющегося эмпирического распределения.

Для анализа вероятных явлений также используется теория случайных процессов. Случайный процесс - это процесс изменения во времени состояния какой-либо системы в соответствии с вероятностными закономерностями.

В зависимости от видов случайных процессов для их описания используются теории: марковских, ветвящихся, гауссовских, винеровских, пуассоновских процессов, а так же теория массового обслуживания (ТМО).

Задачей ТМО является установление наиболее рациональных зависимостей между интенсивностью потока требований и производительностью обслуживающей системы.

В разделе ТМО, называемом теорией очередей, определяется порядок и приоритеты обслуживания. Комплекс систем массового обслуживания (МО), представленный в виде графа, образует сеть МО. Сетевые модели - удобный аппарат анализа сложных систем управления.



Для решения задач массового обслуживания используются: теория марковских процессов, теория графов, дифференциальные уравнения в частных производных, метод Монте-Карло и другие.

Для исследования вероятностных явлений также широко используются дисперсионный, корреляционный, регрессионный, спектральный анализы и их комбинации.

#### 4.7. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Многие задачи управления имеют целью нахождение наилучшего или оптимального решения.

Для моделей динамических систем в решении задач оптимизации может быть использовано вариационное исчисление, которое изучает методы, позволяющие находить экстремальные значения величин, называемых функционалами. Функционал - это переменная, зависящая от одной или нескольких функций.

Большой круг вариационных задач решается с использованием так называемых прямых методов, к которым относятся конечно-разностный метод Эйлера, методы Рунге-Кутты, Канторовича, метод множителей Лагранжа для условных экстремумов. При этом для решения задач оптимизации по нескольким критериям используется определение области компромиссов, называемой "оптимумом Парето".

Ряд вариационных методов с определенными "неклассическими" условиями получили название теории оптимального управления, для которой был разработан специальный математический аппарат. К нему могут быть отнесены принципы максимума Понтрягина, теория Гамильтона-Якоби и другие.

Классические аналитические методы оптимизации используются крайне редко. Практически, для нахождения наилучшего или оптимального решения наиболее применимы численные градиентные методы оптимизации: метод наискорейшего спуска (подъема), пропорциональный градиентный метод, полношаговый градиентный метод, метод сопряженных градиентов и др.

Для оптимизации процессов, описываемых функциями многих переменных, когда рассматривается вопрос выбора оптимального варианта из множества возможных, используются методы обширного раздела математики, называемого математическим программированием, которое не следует путать с программированием для ЭВМ. Математическое программирование, в зависимости от вида целевой функции и ограничений, включает: линейное, нелинейное, параметрическое, стохастическое и динамическое программирование.

Наиболее распространенными методами линейного программирования (ЛП) являются методы: последовательного улучшения плана, близко примыкающий к нему, симплекс-метод, а так же методы блочного программирования (принцип разложения), разрешающих множителей, декомпозиции Данцига-Вульфа. Применение методов и их специфика зависят от видов задач. Наиболее типичными для ЛП являются транспортная задача, задачи распределения ресурсов (управления запасами), планирования и т.д.

Раздел математического программирования, решающий задачи нахождения экстремумов нелинейной функции многих переменных называется нелинейным программированием (НП). В зависимости от свойств функций, описывающих задачу, различают следующие виды нелинейного программирования: выпуклое (выпуклые, вогнутые функции), геометрическое (функции специального вида). В НП наиболее популярным является метод штрафных функций, используются также методы: возможных направлений, градиентные, аппроксимации.

Получение целочисленного решения требует специальных методов, которые изучает раздел МП - целочисленное программирование (ЦП). ЦП включает часть методов ЛП, но наиболее часто используются методы: отсечений, ветвей и границ; различные методы перебора вариантов.

Разделы МП, в которых целевая и ограничительные функции зависят от детерминированных параметров, называется параметрическим программированием. Задачи, в которых эти параметры случайны, составляют предмет стохастического программирования.

Динамическое программирование - состоит в расчленении задачи на этапы и нахождение условно оптимальных решений на каждом этапе с учетом их последствий на дальнейший ход решения.

Для поиска наилучшего решения из множества вариантов применяется также метод Монте-Карло и методы теории игр.

Метод Монте-Карло - это метод стохастических испытаний. Является численным методом, использующим моделирование случайных величин и получение статистических оценок искомых величин. Метод основан на законе больших чисел, разработанном П.Л. Чебышевым.

Теория игр - раздел математики, изучающий математические модели принятия решений в условиях конфликта. При этом рассматривается развитие процессов в зависимости от случайных ситуаций. С помощью теории игр можно оценить наиболее благоприятные или неблагоприятные ситуации и принять наилучшее для данных условий решение.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

### 1. Виды представления информации.

2. Основные вопросы теории информации. Определение количества и избыточности информации.
3. Качественные свойства информации.
4. Понятие помехоустойчивости и пропускной способности канала связи. Методы повышения помехоустойчивости.
5. Общая структура математических методов теории управления и принципы их использования.
6. Основные общие математические методы.
7. Математические методы описания случайных процессов.
8. Методы оптимизации, используемые в управлении.

## **5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ**

### **5.1. ВИДЫ И СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Ранее уже отмечали, что к основным категориям управления относят технологическое и организационное. Первое имеет задачей текущее управление работой оборудования, процессами, движением технических объектов. Второе - управление человеческими коллективами.

Более общим определением технологического управления, видимо, следует считать управление в реальном времени орудиями и средствами производства, различными техническими процессами и материальными объектами с различной степенью участия в этом процессе автоматических устройств управления и человека. В большинстве случаев такие системы являются т.о. человеко-машинными. При этом для неавтоматической системы (например, управление группой станков с ручным управлением) задачи управления превращаются в задачи оргуправления.

Управление в неавтоматических системах основывается на опыте, интуиции, обучении и обычно определяется принципами научной организации труда.

Управление в автоматизированных системах, помимо использования ТС автоматизации, происходит с определенным участием человека. При этом возможны следующие режимы:

- предоставление человеку только информации (показания приборов, как в абсолютных единицах, так и в виде отклонения);
- режим "советчика", при котором оператору автоматически представляются рекомендации по управлению;
- диалоговый режим, при котором оператор может менять условия задачи и с помощью ТС формировать альтернативные управления.

Управление автоматическими системами (САУ) выполняется практически без участия человека. Роль последнего сводится к вмешательству в

работу для включения-выключения системы, профилактике и в аварийных ситуациях. Общие принципы построения САУ и методы исследования процессов в них изучает ТАУ - теория автоматического управления.

## 5.2. КЛАССИФИКАЦИЯ САУ

Применение тех или иных методов ТАУ в определенной мере связано с классификацией САУ, в основу которой могут быть положены определенные признаки. В этой связи примем следующую классификацию.

1. По принципу управления САУ могут быть циклическими и ациклическими.

Циклические САУ работают по принципу независимого управления, т.е. без обратной связи. При этом операции технологического цикла выполняются по жесткому закону, и сама система не может исправить ошибок выполнения.

Ациклические САУ основаны на зависимом управлении, при котором необходимые коррективы в управляемый процесс вносятся по мере появления отклонений.

2. Циклические САУ по способам задания программы управления делят на системы с жесткими программносителями (кулачки, копиры), системы с переключением цепи управления (реле, переключатели и т.п.) и системы ЧПУ, работающие по программам, задаваемым на легкоосменном программносителе.

3. Ациклические САУ (АЦС), в свою очередь, могут быть замкнутыми, разомкнутыми и комбинированными (рис 5.1);

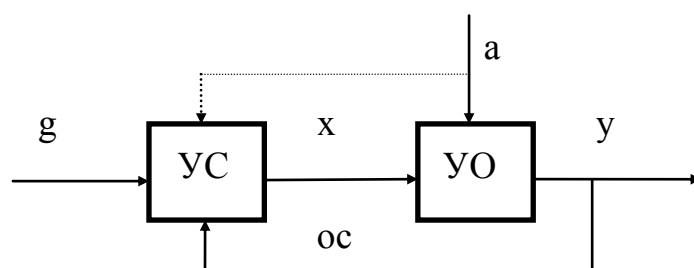


Рис.5.1.

Разомкнутые АЦС не имеют обратной связи и работают по нейтрализации возмущающих воздействий. Системы применяются редко из-за сложности установления функциональных связей возмущений с параметрами управляемого процесса.

Замкнутые АЦС характеризуются наличием обратной связи, что позволяет автоматически вносить изменения в ход процесса.

4. По алгоритмам функционирования САУ разделяются на стабилизирующиеся, программные и следящие.

Стабилизирующие поддерживают заданные параметры (температура, давление и т.п.).

Программные обеспечивают изменение параметров системы по заданному закону (программе).

Следящие обеспечивают преобразование заранее неизвестного входного сигнала в соответствующий управляющий сигнал (управление антеннами, установками оружия и т.п.).

5. По способности учитывать изменяющиеся условия выполнения процесса САУ можно разделить на адаптивные и неадаптивные.

Адаптивные (приспосабливающиеся) САУ обеспечивают учет внешних факторов и самостоятельно настраиваются на необходимые параметры управляемого процесса (САУ самоуправляемых снарядов, транспортные роботы и т.п.). Эти системы - дальнейшее развитие АЦС.

6. По характеру действия различают САУ непрерывного и дискретного действия. В первых управляющий сигнал постоянен или плавно изменяется, во вторых - управление производится прерывисто рядом импульсов.

7. По характеру преобразования сигналов САУ делят на линейные и нелинейные, что определяется пропорциональностью или ее отсутствием соотношений входного и выходного сигналов.

8. По степени независимости от внешних условий САУ могут быть инвариантными и не инвариантными.

9. По характеру зависимости параметров во времени различают стационарные и нестационарные САУ. Первые сохраняют параметры постоянными, вторые - меняют параметры во времени (системы уличных светофоров и освещения).

10. По характеристике УО различают:

- САУ стационарных и движущихся объектов;
- САУ сосредоточенного и распределенного объекта (установка, группа станков);
- САУ непосредственного и дистанционного управления.

Выбор того или иного вида САУ определяется условиями ее исполнения, целями создания САУ. Помимо факторов, определяющих вид САУ, при этом необходимо учитывать:

- степень полноты информации об УО;
- вид воздействия на УО (постоянное, по определенному закону, случайное, комбинированное);
- необходимое управляющее воздействие (стабилизация, регулирование, контроль, коррекция, слежение и т.п.).

Естественно, выбор вида САУ должен соответствовать общим требованиям экономичности, надежности, удобства, безопасности в эксплуатации и т.п.

### 5.3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТАУ

В ТАУ рассматриваются системы, которые можно представить в виде следующей обобщенной функциональной схемы (рис 5.2).

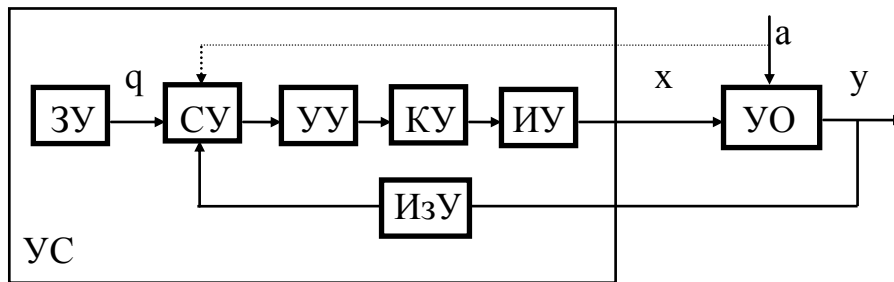


Рис.5.2.

Здесь в состав управляющей системы могут входить:

ЗУ - задающее устройство, которое формирует сигнал  $q$  (задающее воздействие), содержащее информацию о требуемом значении выходного сигнала -  $y$ ;

СУ - сравнивающее устройство определяет рассогласование между  $q$  и  $y$  и выдает управляющий сигнал  $x$ .

Иногда для усиления сигнала до требуемой для исполнительного устройства (ИУ) мощности используются усилители (УУ), а для обеспечения статических и динамических характеристик системы – корректирующие устройства (КУ). В контур обратной связи включаются измерительные устройства - ИЗУ (датчики или измерительные преобразователи).

В САУ могут также входить устройства согласования ее отдельных элементов и вычислительные устройства (для реализации алгоритма работы УС).

В ТАУ используются следующие основные понятия:

1. Процесс управления. Это изменение величин  $y$  и  $x$  во времени.
2. Программа управления. Решая задачу управления, САУ осуществляет поддержание  $y = \text{const}$  или его изменение по определенной программе.

Программы управления могут быть:

- временными,  $y = y(t)$ , т.е. является функцией времени;
- параметрическими,  $y = y(S_1, S_2 \dots S_n)$ , где  $S_i$  - некоторые физические параметры (координаты, перемещения и т.п.).

3. Закон управления. Выполнение задач управления осуществляется с помощью формирования целесообразного сигнала управления  $x$  по соответствующему алгоритму - закону управления. Математически закон управления определяется уравнениями, описывающими работу УС. Различают линейные и нелинейные законы управления, определяемые видом функции  $x = x(t)$ . Они должны обеспечивать требуемую точность, устойчивость и качество процесса управления.

4. Переходной процесс. Это перевод УО из состояния  $Z_i$  в состояние  $Z_{i+1}$  с изменением выходных сигналов от  $y_i$  до  $y_{i+1}$ , по сравнению с установившимся режимом, при котором  $y = \text{const}$ .

5. Передаточная функция, являющаяся соотношением функций входного и выходного сигналов  $x = x(t)$  и  $y = y(t)$ . Данная функция может быть линейной и нелинейной. В первом случае её часто называют коэффициентом преобразования или усиления.

ТАУ включает прикладные методы, позволяющие на основе анализа приведенных функций судить об устойчивости, точности и качестве управления.

Под устойчивостью понимается свойство САУ обеспечивать затухание переходного процесса.

Точность оценивается величиной ошибки между действительным и требуемым значениями выходного сигнала.

Качество управления определяется с помощью показателей (критерии качества), которые характеризуют особенности процесса в установившихся и переходных режимах.

#### 5.4. ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ САУ

Все САУ можно условно разделить на линейные и нелинейные.

В линейных системах выходной сигнал, независимо от вида входного, пропорционален ему, т.е.  $y(t) / x(t) = \text{const}$ . Для нелинейных систем это соотношение не является постоянным.

При анализе САУ расчленяют на типовые звенья (элементы), динамические свойства которых могут быть описаны определенными дифференциальными уравнениями. Это позволяет рассматривать качественные показатели САУ независимо от физической природы звеньев при совпадении их математического описания.

Основной характеристикой динамического звена является его передаточная функция - ПФ, которая находится из дифференциального уравнения при нулевых начальных условиях, как отношение входного и выходного сигнала:

$$W(p) = y(p) / x(p).$$

Для оценки динамических свойств звеньев используют временные и частотные характеристики.

К временным относят их переходные функции, которые определяют реакции звена на входной сигнал.

Для представления частотных свойств звеньев САУ используют амплитудно-частотные, фазово-частотные и амплитудно-фазовые характеристики (соответственно АЧХ, ФЧХ, АФЧХ).

Типовые звенья САУ могут быть безинерционными (потенциометр), интегрирующими (RC-цепь), дифференцирующими (дифференцирующий трансформатор). Каждый тип звеньев описывается определёнными уравнениями переходных, передаточных функций и имеет соответствующие частотные характеристики.

При анализе САУ представляют собой комбинацией типовых звеньев и по их ПФ можно определить общую ПФ, а по ней временные и частотные характеристики всей системы.

Устойчивость в простых случаях может определяться видом корней характеристических уравнений системы. В связи со сложностью таких вычислений на практике чаще используют алгебраические и частотные критерии Гурвица, Михайлова, Найквиста.

Качество работы САУ в первую очередь оценивается ее точностью. Ввиду сложности учета ошибок, качество САУ оценивается с помощью косвенных показателей (критериев). К ним относятся: на установившихся режимах - добротность по скорости, по ускорению, на переходных – склонность к колебаниям и быстроедействие.

Нелинейные системы, помимо общих с линейными свойств, могут обладать следующими особенностями: автоколебания, возможность нескольких равновесных состояний, переход из одного установившегося состояния в другое и т.д.

Исследование нелинейных САУ аналитическими методами не всегда возможно, поэтому здесь используется сочетание нескольких различных приближенных методов и методы моделирования.

Наиболее общие исследования устойчивости нелинейных САУ проводятся по методу Ляпунова А.М., также используется частотный метод В.М. Попова, фазовый метод, методы гармонического баланса и логарифмических частотных характеристик.

Для обеспечения качества САУ используется включение в них различных корректирующих устройств. Их делят на функциональные, логические, параметрические и оптимизирующие.



## 5.5. ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ САУ

Принципы, изложенные выше, используются для анализа практически всех САУ и составляют основу исследований. Однако при рассмотрении конкретной САУ необходимо учитывать некоторые особенности рассматриваемого класса систем, приводимые далее.

Цифровые САУ (ЦСАУ) относятся к классу дискретных систем, в которых управление выполняется квантованными сигналами. Для синтеза ЦСАУ используется или ЦВМ или отдельные цифровые устройства (сумматоры, интеграторы и т.п.). Включение в контур управления цифрового устройства требует наличия в САУ элементов, преобразующих непрерывные сигналы в дискретные и обратно. Эта функция в ЦСАУ реализуется импульсным элементом и специальным фильтром - экстраполятором, который формирует импульсы заданной формы. Для математического описания процессов в цифровых САУ используются так называемые решетчатые функции и разностные уравнения, решение которых выполняется операционным методом, основанном на дискретном преобразовании Лапласа и Z-преобразовании.

Оптимальная САУ (ОСАУ) - это система, обеспечивающая наилучшие показатели качества ее определенных характеристик при заданных условиях и ограничениях. Учет ограничений очень важен. В каждом конкретном случае выбирается необходимый критерий оптимальности. В зависимости от него ОСАУ могут быть оптимальными по точности, быстродействию, независимости от внешних воздействий, расходу энергии и т.п.

Причинами не оптимальности САУ могут быть: неточная работа УС, ограничение по параметрам и ресурсам управления, непредвиденное внешнее возмущение (помеха) и т.п.

Построение ОСАУ существенно зависит от степени полноты информации, необходимой для процесса управления.

В этой связи различают ОСАУ:

- с полной информацией об УО;
- с неполной информацией и независимым или пассивным ее накоплением;
- с неполной информацией и ее активным накоплением (дуальное управление).

Помимо вопросов об информации при синтезе ОСАУ учитываются режимы статического или динамического управления, которые описываются соответствующими математическими методами.

Для САУ с полной информацией задача синтеза сводится к определению структуры и параметров оптимального регулятора.

Оптимизация систем с независимым накоплением информации основывается на сборе, обработке и дальнейшем использовании информации о помехах для точной или приближенной их компенсации.

К рассматриваемому классу ОСАУ в определенной мере применимы условия инвариантности. Инвариантность определяет независимость параметров САУ и регулируемой величины от внешних воздействий или условия точного воспроизведения управляющего воздействия. САУ, отвечающие этим принципам, называются инвариантными.

Инвариантность обеспечивается регулированием по отклонениям, по возмущениям и комбинированным способом.

Смысл условия инвариантности - в формировании системой дополнительного управляющего воздействия, равного внешнему, но противоположно направленному. Обычно реализация этих условий в инвариантных САУ осуществляется до величины, задаваемой требованиями к системе.

В комбинированных системах реализуется принцип двухканальности управления - по разомкнутому и замкнутому контурам. За счет компенсации основной части возмущений разомкнутой части системы обеспечиваются лучшие показатели качества системы по времени переходных процессов и устойчивости системы.

ОСАУ с неполной информацией и ее активным наполнением могут быть реализованы как самонастраивающиеся системы (САУ-СН).

В САУ-СН используется принцип дуального (двойственного) управления, при котором управляющие воздействия имеют целью как управление объектом, так и изучение его поведения. В этой связи в данных САУ выделяют контур основного регулирования (КР) и контур самонастройки (КС) (рис. 5.3).

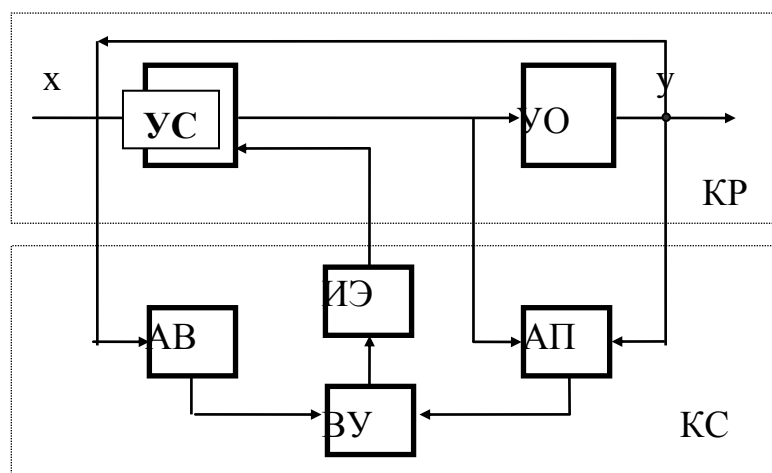


Рис.5.3.

На схеме условно обозначено: АВ, АП - анализаторы воздействия и процесса, ВУ - вычислительное устройство, ИЭ - исполнительный элемент.

Самонастройка может выполняться по внешним воздействиям, характеристикам УО и комбинированно.

Самонастройка САУ может быть реализована применением ЦВМ, корректирующих устройств, изменением параметров и структуры УС, а также автоматическим изменением алгоритма управления. Последние два способа относят соответственно к самоорганизующимся и самообучающимся САУ.

Для регулирования в данных САУ используются следующие способы:

1. Последовательные пробы по изменению структуры алгоритма, нелинейности и т.п.
2. Упорядоченные действия по какому-либо определенному закону.
3. Вероятностное апробирование случайными воздействиями до получения нужного результата.
4. Анализ предыдущих результатов с последующим самоулучшением.
5. Применение эталонных моделей динамических характеристик УО.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение технологического управления. Виды систем в зависимости от степени автоматизации.
2. Классификация САУ.
3. Обобщенная функциональная схема САУ.
4. Основные понятия ТАУ.
5. Свойства линейных и нелинейных САУ.
6. Особенности цифровых САУ.
7. Оптимальные САУ и их виды в зависимости от полноты информации.
8. Самонастраивающиеся САУ.

## 6. ОРГАНИЗАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

### 6.1. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ (ОСУ)

Основное отличие ОСУ в том, что объектами управления в них являются человек или коллективы людей.

Организационное управление (ОУ) присутствует практически везде, где требуется обеспечить согласование действий отдельных людей для достижения определенной цели.

Важнейшими элементами оргуправления являются:

- принятие и реализация управленческих решений;
- организация труда управленческих работников;
- технология обработки информации;
- рациональное использование ТС управления.

Управленческие решения могут основываться как на определенных закономерностях и принципах теории управления, так и на эмпирических данных, знаниях, способностях руководителей. Поэтому ОУ рассматривается, как наука с элементами творчества, и включает методологию управления, теорию руководства и искусство управления.

Основные особенности ОСУ заключаются в следующем:

1. УС здесь являются человек или соответствующие управляющие органы, имеющие необходимое техническое оснащение.
2. Поскольку в ОСУ основным элементом является человек, то крайне сложно составление формализованных моделей системы, описывающих её поведение.
3. В отличие от технологических СУ организационные не могут быть полностью автоматическими.
4. ОСУ являются многоцелевыми системами, соответственно и их эффективность определяется большим количеством технических, экономических и социальных показателей.
5. ОСУ является динамичной, непрерывно развивающейся системой, что обуславливается постоянным совершенствованием хозяйственных механизмов, изменением внешних и внутренних условий.
6. ОСУ обычно многоуровневые (иерархические) системы.

Процесс управления в ОС представляет собой взаимосвязанную систему действий и процедур, реализуемых в определенной последовательности (восприятие и обработка информации, принятие и исполнение решения). При этом деятельность по управлению может рассматриваться как цепь задач по принятию и исполнению решений.

Задачи АСУ могут различаться:

1. По возможности формализации: на хорошо структурируемые, слабо структурируемые, неструктурируемые, что определяется степенью возможности четкого выделения процедур и установления их взаимосвязей.

2. По периодичности решения: регулярные, выполняемые в строго определенных интервалы времени и ситуационные, возникающие случайно.

3. По времени реализации: стратегические, тактические и оперативные.

ОУ охватывает все стороны деятельности человека, и его основные принципы являются для неё общими. Однако объекты ОУ могут отличаться целями функционирования, способами их реализации и т.п., что придает процессам управления специфические особенности.

Основные признаки для группирования объектов и создания соответствующих СУ - предметный, технологический, территориальный, целевой, отраслевой. Более укрупненно можно выделить СУ хозяйственной деятельностью, системы местного и государственного управления.

Хозяйственную деятельность, в свою очередь, можно представить как производственную (производство товаров) и непроизводственную – сферу услуг. К ОСУ относят и современные системы управления движением автомобильного и воздушного транспорта, которые занимают промежуточное положение между ТСУ и ОСУ.

Производственные организации занимают в экономике ключевое место, т.к. именно в них создаются материальные ценности. Их эффективность существенно связана с эффективностью управления.

## 6.2. ПРОИЗВОДСТВО КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

Производство предметов или услуг представляет собой сложную динамичную социально-экономическую систему. Наиболее характерным видом производственных систем является современное промышленное предприятие.

Деятельность предприятия характеризуется определенной системой целей. Главная цель состоит в превращении различного вида ресурсов в продукцию наиболее выгодным образом.

В этой связи предприятие, как кибернетическую систему, можно представить моделью (рис 6.1), где на входе имеются ресурсы, а на выходе - продукты производства.

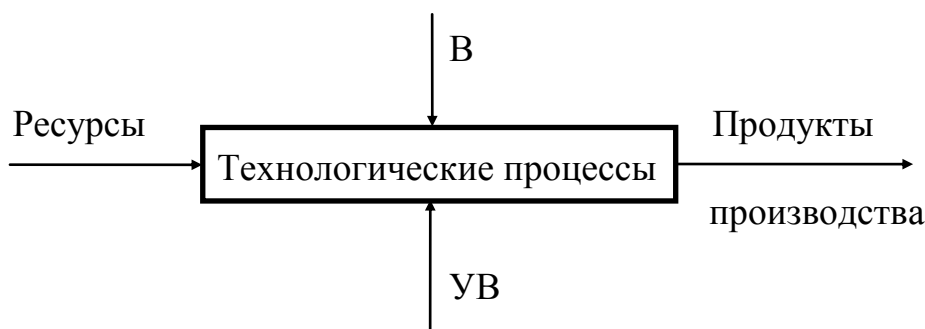


Рис. 6.1.

Кроме того, производственные системы работают в условиях внешних (В) и управляющих (УВ) воздействий.

К ресурсам относятся:

1. Предметы труда (основные и вспомогательные материалы, заготовки и прочие компоненты для изготовления продукции).
2. Рабочая сила - кадры специалистов и рабочих.
3. Орудия и средства труда (оборудование, инструмент, технологическая оснастка и т.п.).
4. Энергия (электроэнергия, тепло, пар и др.).
5. Финансы.
6. Исходная информация (техническая документация, РТМ, ГОСТы и др.).

Продуктами производства являются: изделия, услуги, информация обобщения опыта производства.

На производственную систему могут действовать три вида внешних воздействий:

1. Действующие непосредственно на УО (необеспеченность ресурсами, выход из строя оборудования, брак, нарушение трудовой дисциплины).
2. Поступающие от внешних систем (отвлечение рабочих, моральное старение продукции, действия конкурентов и т.п.).
3. Действующие непосредственно на аппарат управления (нарушение связей, искажение информации).

Деятельность предприятия основана на реализации технологических процессов (иногда говорят "технологии"). Данное понятие включает совокупность методов обработки и последовательность их выполнения, направленных на изменение состава, свойств, формы входных продуктов труда.

На организацию управления предприятием могут оказать влияние некоторые наиболее общие его особенности. В этой связи предприятия могут различаться:

1. По характеру производства - с непрерывным, дискретным и смешанным технологическими циклами.

2. По типу производства различают в зависимости от величины коэффициента закрепления операции -  $K$ , который показывает среднее число операций, выполняемых на одном рабочем месте в месяц. Определяется для ведущих выпускающих цехов.

При этом, если  $K = 1$  - массовое производство;

$K = 1-4$  - крупносерийное;

$K = 5-22$  - среднесерийное;

$K = 33-44$  - мелкосерийное;

$K = 45-66$  - единичное.

3. По принципу формирования производственной программы отличаются предприятия с фиксируемой и варьируемой номенклатурой выпускаемой продукции.

В синтезе ОСУ предприятие необходимо учитывать также:

1. Фазы существования производства: создание, функционирование, совершенствование, ликвидация.

2. Сферы производства:

- подготовка производства (в т.ч. конструкторская и технологическая);

- основная производственная деятельность;

- обеспечение производства, под которым понимается: обеспечение ресурсами, обеспечение изготовления и сбыта продукции. В эту сферу включаются все вспомогательные процессы обслуживания основного производства.

### 6.3. ХАРАКТЕРИСТИКА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Основной задачей управления предприятием является обеспечением эффективности его функционирования, которая определяется величинами себестоимости, прибыли и рентабельности предприятия. Названные показатели являются производными от показателей, характеризующих использование соответствующих ресурсов и характеристик продуктов производства:

1. По предметам труда - объем производства, уровень запасов.

2. По рабочей силе - производительность труда, уровень зарплаты, использование рабочего времени.

3. По средствам труда - техническое состояние, восстановление и обновление, степень использования, увеличение производительности.

4. По продуктам производства - качество продукции, обновление ассортимента и улучшение потребительских свойств.

Предприятие представляет собой БСУ, наиболее общая модель которой показана на рис. 6.2.

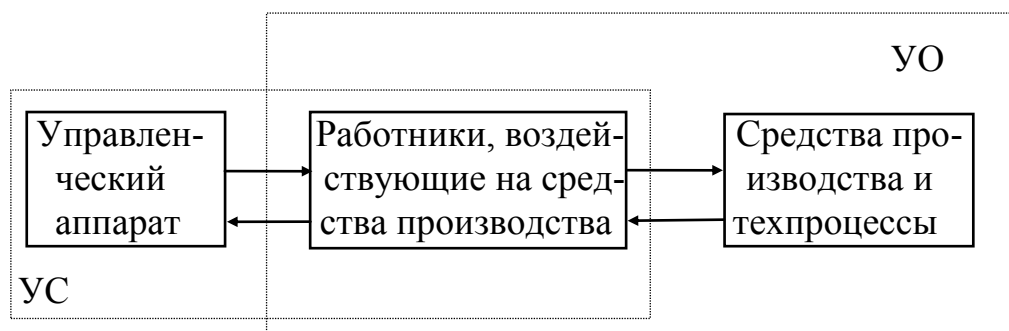


Рис.6.2.

Из рисунка понятно, что управление производством - это управление работниками или производственными коллективами, которые в самом производстве управляют средствами производства, что характеризует двойственность управления.

Организационное управление нельзя понимать узко, как только управление работниками и коллективами, это и управление всеми видами ресурсов и отношениями людей (производственными связями) для обеспечения их эффективной деятельности.

В этом плане управление производством может быть представлено как совокупность управления материально-техническим снабжением, оборудованием, технической подготовкой производства, финансами, кадрами, качеством, сбытом и реализацией продукции, а так же организационно-экономическим управлением, которое на соответствующих уровнях организационной структуры предприятия обеспечивает оперативное управление производственными подразделениями и их взаимодействие.

#### 6.4. ФУНКЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Сущность и содержание процесса управления раскрывается в его функциях, которые определяют основные действия, выполняемые УС при формировании управляющих воздействий и обработке сигналов обратной связи.

К основным функциям процесса организационного управления относят планирование, оперативное управление, учет и контроль. Названные функции соответствуют известным общим этапам деятельности человека.

Учет и контроль выполняются на этапах восприятия и оценки информации, а планирование и оперативное управление на этапах разработки и реализации решений.



Обобщенный вид функциональной модели ОУ с учетом названных функций показан на рис.6.3.

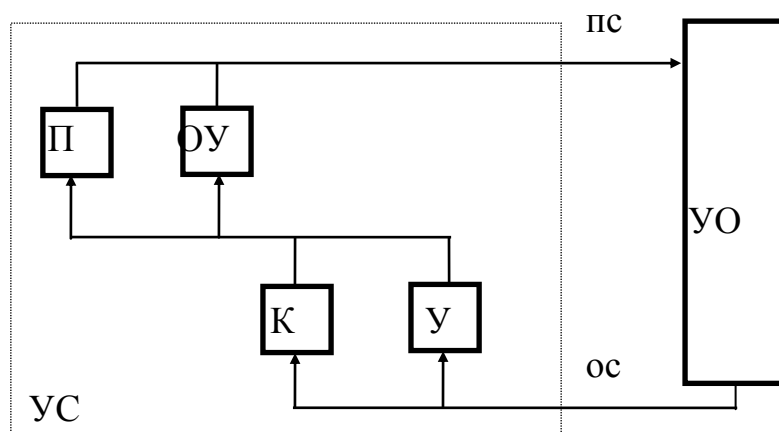


Рис.6.3 .

Из данной схемы видно, что функции планирования (П) и оперативного управления (ОУ) формируют сигналы прямой связи (ПС) – управляющие воздействия, а функции учета (У) и контроля (К) обрабатывают сигналы обратной связи (ОС), создавая, таким образом, замкнутый контур управления УО.

Названные функции управления являются типовыми для любой управленческой деятельности, однако, их конкретное содержание зависит от циклов управления (смена, месяц, квартал и т.д.), характеристик и уровня объекта управления (рабочий, участок, цех и т.п.), вида управления (управление финансами, кадрами и т.п.).

**ПЛАНИРОВАНИЕ** - главная функция управления, задающая целенаправленность поведению объекта управления в виде плана, программы работ и т.п.

Задача планирования - обеспечение своевременного и равномерного выполнения работ всеми взаимосвязанными подразделениями предприятия.

Успешность ее решения связана с комплексностью, обязательностью, взаимосвязанностью и обоснованностью их планов.

Система планирования предприятия включает технико-экономическое и оперативно - производственное планирование.

Технико-экономическое планирование устанавливает объемные количественные и качественные показатели работы предприятия и его подразделений.

Оперативно - производственное планирование включает разработку планов на короткие промежутки времени: месяц, декаду, сутки, смену.

В функцию планирования входят следующие виды работ: прогнозирование, моделирование, нормирование и т.п.

**ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ** - обеспечивает определение соотношений между элементами системы и их взаимодействие.

В состав этой функции входят следующие управленческие работы: организация, координация, регулирование, нормирование, оптимизация, активизация и стимулирование.

Организация включает задачи формирования производственной структуры, размещение и установление отношений между элементами структуры: подчиненность, взаимные поставки, правила обмена информацией и т.д.

Координация и регулирование направлены на устранение отклонений от запланированного хода производства, исключение и разрешение конфликтных ситуаций и т.п.

Нормирование обеспечивает установление определенных материальных или временных ограничений (нормы расходов, запасов, нормы выполнения работ и т.п.).

Активизация и стимулирование осуществляются материальными, моральными и административными воздействиями.

Оперативное управление заключается в разработке планов-графиков, сменно-суточных заданий и т.п., обеспечении их выполнения. Эффективность таких работ зависит от оптимальности составления подобных документов, как по ресурсам, так и по времени и взаимной стыковке видов работ.

Оперативное управление делят на два взаимосвязанных этапа работ: календарное планирование и диспетчирование. Первое включает составление оперативных производственных программ, второе - систематический контроль и регулирование их выполнения.

**УЧЕТ** сводится к регистрации, измерению и хранению информации о результатах производства. Различают оперативно-технический, бухгалтерский и статистический учет.

Оперативно-технический отражает операции и факты хозяйственной деятельности в момент их совершения (учет выпуска продукции, учет брака, учет простоя оборудования, табельный учет и т.п.)

Бухгалтерский учет отражает операции, где имеет место движение материальных и денежных средств (учет оборудования, материалов, комплектующих, денежных выплат и т.п.)

Статистический учет ведется на основе данных оперативно-технического и бухгалтерского, но в обобщенных показателях, что позволяет использовать его данные, как для отчетности перед вышестоящими организациями, так и для планирования и анализа деятельности предприятия.

В функции учета выполняются следующие виды управленческих работ: накопление, классификация и сортировка данных, отчетность и анализ.

КОНТРОЛЬ заключается в наблюдении и проверке соответствия действительного хода и развития процесса производства целям и критериям.

Контроль является заключительным этапом цикла управления и началом нового цикла. В процессе контроля выявляются результаты воздействий, ход исполнения решений, причины их невыполнения. Получаемая при этом информация имеет важное значение для принятия дальнейших решений.

В составе этой функции выполняются такие работы: сравнение, оценка результатов, обобщение, определение степени тревоги, сигнализация, анализ.

Названные общие функции управления не следует путать со специальными функциями подразделений, реализующих тот или иной вид управления (технико-экономическое планирование, техническая подготовка производства и т. п.)

При рассмотрении основных функций управления необходимо учитывать, что само управление, как и производство, состоит из сфер основной и обеспечивающей деятельности.

К основной относятся творческие управленческие работы, не производящие материальных ценностей (планирование, подготовка, организация исполнения управленческого решения).

К обеспечивающей относятся следующие виды работ: сбор, преобразование, обработка информации, хозяйственное обеспечение и делопроизводство. Эти работы выполняются с помощью ТС: множительная и ВТ, средства передачи, хранения информации, оформление документов и т.д.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Особенности и основные элементы ОСУ.
2. Модель производственного предприятия.
3. Показатели эффективности и особенности управления производством.
4. Функциональная модель ОСУ.
5. Планирование и оперативное управление.
6. Учет и контроль на производстве.
7. Специальные функции управления.

## 7. ЭЛЕМЕНТЫ ОРГУПРАВЛЕНИЯ

### 7.1. СТРУКТУРА УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Реализация функций организационного управления осуществляется соответствующими руководителями и управленческими подразделениями предприятия, которые называют органами управления (ОУ).

Совокупность органов управления по составу, специализации, взаимосвязи, соподчиненности, обеспечивающая функционирование предприятия, составляет структуру управляющей системы.

Основным принципом построения структуры УС предприятия является иерархичность, соответствующая ступеням (уровням) организации производства с подчинением каждой ступени вышестоящей. Наличие уровней обеспечивает рациональное распределение труда в системе управления.

Создание структуры УС - сложная проблема, при решении которой учитываются нормы управляемости, полный охват всех функций управления, исключение создания должностей и органов с нечеткими функциями и мешающих работе других. Конкретная структура УС существенно зависит от характеристик и масштабности предприятия: отраслевая принадлежность, число работающих, технологические особенности производства, территориальное размещение и т.п.

Различают следующие виды структур УС: линейная, линейно-групповая, функциональная, линейно-функциональная и матричная.

ЛИНЕЙНАЯ СТРУКТУРА (ЛС) характеризуется тем, что все исполнители непосредственно подчиняются одному руководителю. При этом создается единая вертикальная линия руководства и прямой путь активного воздействия на подчиненных (рис.7.1).

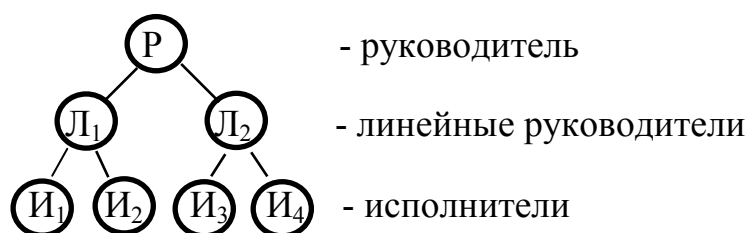


Рис.7.1 .

Такая структура характеризуется четкостью и простотой связей, оперативностью передачи руководящих воздействий и контроля их исполнения. К недостаткам относят увеличение числа уровней и повышенные требования к руководителям вышестоящих ступеней при сложной структуре производства.

В ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ (ФС) (рис.7.2), выделяются руководители -  $\Phi_1, \Phi_2$  - отвечающие за реализацию определенной функции управления (планирование, учет, контроль и т.д.). Исполнители подчиняются нескольким руководителям в пределах их функций. При такой структуре повышается компетентность руководства, но нарушается единство и согласованность распоряжений, а также ответственность за конечные результаты.

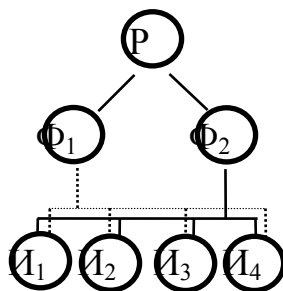


Рис.7.2.

ЛИНЕЙНО-ГРУППОВАЯ структура (ЛГС) является развитием линейной и отличается наличием при каждом руководителе группы управления из соответствующих специалистов по управлению. Преимущество - в более квалифицированной подготовке вопросов, недостатки - в увеличении числа управленцев и опасности подмены ими линейных руководителей при принятии решений.

ЛИНЕЙНО - ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ структура (ЛФС) сочетает признаки линейной и функциональной, обеспечивает соблюдение принципа единоначалия с квалифицированной подготовкой управленческих решений. Недостаток - в трудности координации из-за увеличения числа связей. Эта структура может включать и элементы ЛГС. При этом если группы подчиняются линейным руководителям соответствующих уровней, то ЛФС называется децентрализованной. При централизованной они подчиняются снизу доверху соответствующим группам (органам) только по своей функции.

МАТРИЧНАЯ СТРУКТУРА УПРАВЛЕНИЯ (МС) основана на сочетании линейного и предметно-функционального руководства (рис.7.3). Варианты МС весьма разнообразны, т.к. определяются конкретными условиями и целями производства.

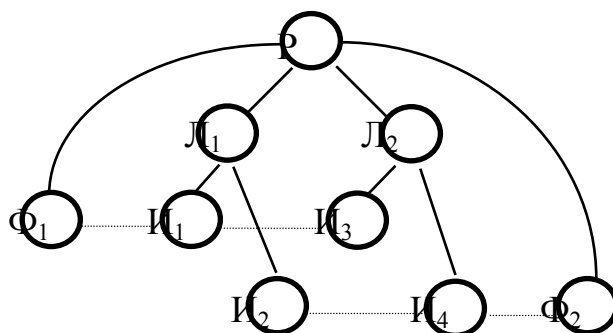


Рис.7.3 .

На основе МС создаются горизонтальные связи для выполнения сложных заказов, проектов. При этом линейные руководители (Л) осуществляют общее управление, а функциональные (Ф) руководят выполнением целевых заданий.

В практике редко встречаются названные структуры в чистом виде, обычно используются смешанные структуры.

Принятая или разработанная структура УС должна быть обоснована и оценена с помощью показателей, используемых в анализе структур БСУ, а также таких как объем, оперативность, живучесть структуры и т.п.

Построение структуры управления предприятием производится с учетом сфер и функций управления. В этом плане можно выделять техническую, экономическую, производственную, коммерческую и другие сферы.

Рассматривая связи структуры управления с функциями, можно отметить необходимость наличия:

- подразделений, четко специализированных по функциям управления (планово-экономический отдел, планово-диспетчерский отдел и т.п.);
- структурных единиц, обеспечивающих производство определенными видами ресурсов (подразделения материально-технического снабжения, главного энергетика, финансовый отдел, отдел кадров);
- отделов, специализирующихся на совершенствовании производства (отделы новой техники, механизации и автоматизации).

Некоторые из названных подразделений включаются в заводоуправление, которое является центральным звеном структуры управления.

## 7.2. МЕТОДЫ И МЕХАНИЗМ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Система органов управления производством (УС) реализует свои управленческие функции с помощью методов управления.

Методы управления - это способы, приемы, действия, обеспечивающие воздействие на УО для решения задач и целей управления.

Естественно, методы управления непосредственно связаны с соответствующим видом управляющей функции. В этой связи в дополнение к ранее рассмотренным общим управленческим функциям необходимо указать специфические и технологические функции управления.

Специфические функции обеспечивают решение конкретных задач управления. Применительно к промышленному предприятию - это группы экономических, технических, организационных, социологических, правовых и т.п. функций.

Технологические функции процесса управления - это известные процедуры деятельности человека, связанные с подготовкой и организацией исполнения управленческого решения.

Методы управления, определяемые производственными отношениями (специфические функции), можно разделить на следующие основные группы: административные, экономические и социальные.

**АДМИНИСТРАТИВНЫЕ** включают методы организационного, распорядительного и правового воздействия.

Организационное воздействие может выполняться в форме регламентирования, нормирования, инструктирования и согласования.

Распорядительные воздействия направлены на повседневное обеспечение слаженной работы УО и реализуются приказами, распоряжениями и устными указаниями.

Правовое воздействие заключается в применении законодательных норм, исходящих от государственных органов.

В общем виде административные методы могут быть реализованы следующими способами: разделением и кооперацией труда, специализацией и концентрацией производства, установлением правил внутреннего распорядка, рациональной организацией рабочих мест и условий труда, внедрением передовых методов труда, эффективным обеспечением информационных процессов и др.

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ** методы управления представляют методы, основанные на коллективных и личных материальных интересах. Указанные методы, используя объективные экономические законы, призваны способствовать успешной деятельности предприятия.

К методам экономического управления относят: экономическое планирование, формирование и использование фондов материального стимулирования, хозрасчет, кредитование, экономическое нормирование и контроль, использование экономических санкций и т.д.

Многие названные методы в свою очередь могут быть реализованы разными способами. Так, экономическое планирование может выполняться директивным методом, планированием от достигнутого, обоснованием и расчетом, а также экономико-математическим моделированием.

**СОЦИАЛЬНЫЕ** методы представляют собой совокупность средств социального и психологического воздействия. Они включают способы гармонизации коллектива, психологической совместимости, социальной компенсации, воспитания и стимулирования, разъяснения и обучения.

Важнейшими элементами понятийного аппарата теории управления являются принципы, стиль и культура управления.

**ПРИНЦИПЫ** отражают закономерности, правила, по которым организуется управление. Различают общие и специфические принципы управления.

К общим относятся кибернетические, праксеологические (трудовые), социально-организационные. (Примеры соответственно: принципы обратной связи, системности, единоначалия, принцип основного звена и т.п.).

Специфические принципы характерны для соответствующих видов управления. Для экономического управления - принцип хозрасчетных отношений, для организационного - принципы непрерывности, прямоотчности, ритмичности, для социального - принцип учета неформальных структур, лидерства и т.п.

Необходимо различать методы и принципы управления, хотя в некоторых случаях они имеют одинаковые названия. Метод - это способ воздействия, принцип - это правило, на основе которого строится ОСУ.

Следующее понятие - **СТИЛЬ УПРАВЛЕНИЯ**. Это набор методов, к которым тяготеет руководитель (технократический, экономический и т.п.).

**КУЛЬТУРА УПРАВЛЕНИЯ** - комплексная характеристика качества управления, отражающая состояние ОСУ в целом (культура организации, управленческого труда, делопроизводства и т.д.).

Рассмотренные понятия в совокупности составляют общее понятие, называемое **МЕХАНИЗМОМ УПРАВЛЕНИЯ**.

### 7.3. ИНФОРМАЦИЯ В ПРОЦЕССЕ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Процесс организационного управления, как уже отмечали ранее, можно представить этапами восприятия, преобразования и передачи информации. Основа этого процесса - выработка и принятие решения, которое представляет собой управляющую информацию в виде планов, заданий, команд и т.п. Таким образом, в ОСУ информация является предметом и продуктом управленческого труда.

Информация может быть представлена в следующих формах: осведомляющей, преобразующей, принятия решения, управляющей.

К осведомляющей относят информацию о состоянии УО, УС и внешней среды.



Преобразующая включает информацию, содержащуюся в алгоритмах управления.

Информация принятия решения представляет собой сведения о возможных решениях.

Управляющей является информация, вызывающая целенаправленные изменения состояния УО.

Условно информацию делят также на постоянную и переменную с учетом коэффициента стабильности, который для постоянной  $K_{ст} \geq 0,85$ .

Кроме того, в производственных ОСУ циркулируют следующие виды информации: командная, экономическая, научно-техническая и т.п.

В вопросах организации управления большую роль играет формирование потоков информации, которые представляют собой совокупность сведений, передаваемых от источника информации к адресату. Поток информации характеризуется направлением, объемом передаваемой информации, периодом информационных нагрузок, т.е. количественно-временной зависимостью. Схема сети информационных потоков обычно связана со структурной схемой управления предприятием, отражая прямые и опосредствованные связи его подразделений.

Одним из основных носителей информации о деятельности предприятия и его звеньев является производственная документация: конструкторско-технологическая, плановая, учетная, отчетная, нормативно-техническая и т.п. Движение документов с момента их получения или создания до использования или отправки называется документооборотом. Он является важным элементом СУ, от совершенства которого зависит эффективность системы.

При формировании потоков информации используются принципы одноразовости ввода информации в месте ее возникновения, оптимизации потоков, т.е. обеспечения минимальной достаточности информации. Устранение ее излишней избыточности может выполняться следующими приемами:

1. Укрупнением (агрегатированием) сведений, передаваемых от нижестоящих элементов структуры.
2. Переходом от передачи номиналов параметров к передаче только их приращений.
3. Устранением части информации, неиспользуемой работниками (создание тупиков).
4. Исключением информации, циркулирующей по замкнутым контурам, но не создающей новой информации.

Работу с информацией в УС можно разделить на две части. В этом смысле анализ информации, принятие и организацию исполнения решений в основном выполняют руководители всех уровней управления. Сбор, передача, хранение, обработка информации могут выполняться самостоя-

тельно, вне циклов управления. Эти функции в УС возлагаются на исполнительский персонал, который можно подразделить на специалистов (экономисты, бухгалтеры и т.п.) и технических исполнителей (секретари, операторы и т.п.).

Эффективность работы аппарата управления зависит от степени механизации и автоматизации труда исполнителей, от уровня технического обеспечения их работы.

Для этих целей необходимо использовать:

1. Средства сбора (получения) информации (счетчики, регистраторы, датчики, сканеры и т.п.);
2. Средства фиксации и хранения информации (магнитофоны, пишущие машинки, микрофильмирование, видеозапись, БД на машинных носителях и т.п.);
3. Средства копирования и размножения (ксерокопия, репрография);
4. Средства передачи информации (радио, телефон, телеграф, ЛВС);
5. Средства обработки информации (ЭВМ, сортировщики и т.п.);

#### 7.4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Технология процесса ОУ - это рациональная последовательность операций и процедур (информационных, логико-мыслительных, расчетных, организационных), выполняемых руководителями, специалистами и техническими исполнителями без использования или с применением соответствующих технических средств.

Операция представляет собой совокупность (последовательность) трудовых действий, характеризующуюся целевой законченностью. Управленческая процедура - это совокупность последовательно реализуемых правил выполнения операций, обеспечивающих решение задач управления, т.е. процедура отвечает на вопрос, как решать задачу.

Объектами технологии управления могут быть различные процессы: порядок выполнения отдельной функции управления, принятие решений при реализации задач управления, трудовая деятельность отдельного работника управления, обработка документа или группы документов.

Одним из главных процессов управления является процесс принятия решений. Под решением понимают предписание к действию для объекта управления. Процесс принятия решения - это комплекс действий по выбору управляющих воздействий в ответ на ситуации, возникающие в ходе управляемого процесса. Задача выработки решения всегда многовариантна и основной проблемой здесь является выбор наиболее рационального варианта решения по определенному критерию или их комплексу.

В теории управления подготовку и принятие решения представляют как процесс преобразования информации о состоянии УО в управляющую.

Данный процесс является неформальным, творческим, но включает элементы, поддающиеся определенной формализации (моделированию). Обобщенно этот процесс по задаче управления реализует системный подход и включает этапы:

1. Анализ проблемной ситуации и постановка производственной задачи.
2. Определение критериев эффективности решения задачи.
3. Формирование концептуальной (описательной) модели задачи.
4. Построение матмоделей задачи и анализ вариантов решения на их основе.
5. Формирование решения.

Во всех случаях, когда это возможно, целесообразно количественное обоснование решения математическими средствами. Однако окончательное принятие решения производится неформализованным путем на основе опыта, знаний и интуиции.

Основой количественных методов выработки решений являются методы исследования операций, которые включают аналитические, статистические методы, математическое программирование и теорию игр.

В основе этих методов лежат способы (приёмы) последовательного выделения подмножеств лучших, по сравнению с остальными, альтернатив, а затем и конкретного решения, обеспечивающего максимально эффективное использование ресурсов.

Обычно проблема ресурсов охватывает следующий круг задач: управление запасами, распределение ресурсов по операциям, минимизация издержек при массовом обслуживании, оптимизация порядка обслуживания, выбор оптимального маршрута, определение рационального порядка и сроков замены оборудования и т.п.

Естественно, применительно к конкретным функциям и видам управления математические методы исследования операций имеют соответствующую специфику в связи с особенностями их моделирования. Основными направлениями в моделировании производственных СУ являются модели планирования, оперативного управления, материально - технического снабжения, технической подготовки производства. Например, в оперативно-производственном планировании используются: позаказный метод, по опережениям, на склад, по цикловым комплектам, по комплектовочным номерам, по заделам, партионно-периодический метод, планирование по ритму, подетальный метод и т.п.

Оперативное регулирование выполняется по оптимальности процесса или по его отклонениям.

В управлении материально-техническим снабжением используются модели с фиксированным уровнем заказа или с фиксированным уровнем запасов.

Управление технической подготовкой производства выполняется по минимуму срока, стоимости затрат или уровня ресурсов. При этом наиболее удобны сетевые модели.

Наряду с отдельными моделями, может использоваться и система взаимосвязанных моделей производства и управления, построенная с помощью аппарата множеств, теории графов и векторного исчисления.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Структура УС и основные виды структур в ОСУ.
2. Методы управления, определяемые производственными отношениями.
3. Роль и виды информации в ОСУ. Потoki информации на предприятии, документооборот.
4. Основные принципы формирования потоков информации и организации работы с информацией.
5. Понятие технологического процесса в ОСУ.
6. Процесс принятия решений и его этапы.
7. Методы количественного обоснования решений.

## 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСУ

### 8.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСУ

ОСУ, представляющая собой обычно БСУ, проектируется на принципах системного подхода, с которыми познакомились ранее. Здесь же рассмотрим некоторые дополнительные положения, касающиеся проектирования ОСУ.

1. Проектирование ОСУ целесообразно вести по принципу "сверху вниз", т.е. от обобщенных построений к более подробным и конкретным ("блочнo-иерархический" подход). Исходя из этого, после согласования целей и критериев создания системы с руководителем звена, для которого создается система, вначале строится и описывается в укрупненном неформализованном виде общая структура ОСУ, её БД и работающий на этой базе алгоритм управления.

2. Далее идет последовательное разукрупнение (декомпозиция) полученных описаний на отдельные блоки управления - БУ (комплексы, зада-

чи), за которыми закрепляются определенные информационные потоки. Конечная цель этого процесса - довести описание блоков до конкретных управленческих процедур и документов (должностные инструкции, программы и т.п.), позволяющих однозначно исполнять описываемые в них управленческие действия.

3. Алгоритм управления целесообразно строить по относительно независимым видам или функциям управления, которые могут охватывать насквозь всю СУ.

В этом плане, с учетом сфер производства, могут быть выделены: управление подготовкой производства, основным и вспомогательным производствами, обслуживанием и обеспечением. Последнее включает управление всеми видами ресурсов: кадры, финансы, маттехснаб и т.д.

Для связности алгоритма управления и эффективности всей системы в большинстве случаев целесообразен матричный подход увязки УП, что подразумевает, например, реализацию управления по сферам производства, а также по функциям управления. Реально - это два слоя задач, показанных на рис. 8.1.

Сфера\функции	Планир-ние	ОУ	Учет	Контроль
Подготовка производства	→	→	→	→
Производство	→	→	→	→
Обслуживание	→	→	→	→
Обеспечение	→	→	→	→

Рис.8.1 .

4. Для каждого БУ определяется категория управленческих работников (по образованию, опыту), оценивается время исполнения работ и частота их повторяемости. Здесь могут быть использованы детерминированные, вероятностные и эмпирические оценки, которые дают возможность определить общую численность и необходимый состав управленческого персонала, а также оценить состав ТС, необходимых для реализации заданного алгоритма управления. Последний должен включать не только собственно-управленческие процедуры (подготовка и принятие решений), но и все учетно-контрольные, а также вспомогательные, связанные с делом-производством, ведением архивов и т.п.

5. При распределении управленческих процедур (УП), между работниками одновременно решается вопрос об их распределении по соответствующим структурным подразделениям. При этом учитывается, чтобы в подразделения входили те сотрудники, у которых информационные связи, замыкающиеся между ними, превалируют над внешними. Подразделения формируются также по содержательной родственности процедур (бухучет, кадры, снабжение и т.п.).

6. После определения объема управленческих процедур и оценки необходимого персонала проводится проверка реализации алгоритма управления. На этом этапе для всех регулярных процедур составляются подробные расписания их выполнения с выявлением и исключением в них накладок, когда одно и то же лицо в один и тот же момент времени оказывается занятым в нескольких несовместимых процедурах. Отработка расписаний занятости должна предусматривать подменно-аварийные режимы (отпуска, болезни и т.п.), а также выполнение нерегулярных (случайных) процедур, что возможно при наличии резервов свободного времени.

Окончательная проверка правильности распределения обязанностей производится на матмодели системы, по результатам работы которой должны быть получены графики загрузки сотрудников, возможные очереди и задержки в обработке управленческой информации.

Необходимо отметить, что структуризация организации не является решающим фактором эффективной работы ОСУ. Главным и решающим является наличие четкого алгоритма управления, доведение его до процедур, их закрепление за специалистами, обученными их выполнению.

Итак, при создании ОСУ должны быть решены три группы вопросов:

1. Организационные: структура органов управления, их функциональные обязанности, включая отдельных работников, процедуры подготовки и принятия решения, документооборот, контроль исполнения и оценка деятельности всех звеньев системы.

2. Хозяйственно-экономические: системы экономических показателей, экономические санкции, системы стимулирования.

3. Технические: обеспечение связи, оргтехника, средства сбора и обработки информации и т.п.

## 8.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОСУ

Потребность в совершенствовании ОСУ постоянна в силу непрерывного изменения условий их функционирования. Вместе с тем, ОСУ не должны находиться в стоянии постоянной реорганизации. Реорганизации ОСУ должны тщательно и заблаговременно готовиться. В связи с этим процесс совершенствования ОСУ должен учитывать следующее:

1. Постоянное методическое наблюдение за ОСУ с анализом недостатков в работе и их устранением по мере возможности.

2. Практика мелких улучшений имеет свои пределы и наступает необходимость радикальной перестройки ОСУ, что часто связывают с внедрением новых технологий управления.

3. Условиями эффективности организационной перестройки СУ является наличие разработанного проекта новой технологии ОУ и плана по переходу на нее. Последний должен включать не только обеспечение новыми формами документов и должностными инструкциями, но и заблаговременное обучение, и подготовку сотрудников к новым условиям работы.

4. Для эффективной разработки новых организационных технологий необходимо специализированное подразделение, обеспечивающее научное проектирование ОСУ. Ошибочны мнения, что создать и запустить новые системы могут управленцы самого предприятия.

5. Эффективность вышеназванных подразделений на предприятии должна основываться на принципе первого лица, суть которого в том, что вся работа по совершенствованию управления должна проводиться под общим руководством первого руководителя и его специального заместителя, освобожденного от других обязанностей. В иерархических системах описанная организация должна обеспечиваться на всех уровнях.

Совершенствование организационных форм управления может осуществляться по следующим группам вопросов:

1. **ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ** - совершенствование УП, их строгая регламентация, механизация и автоматизация процессов сбора, передачи и обработки информации, рационализация планирования и учета, развитие нормативной базы управления, совершенствование документооборота.

2. **ОРГАНЫ И КАДРЫ УПРАВЛЕНИЯ** - обеспечение гибкости, простоты, маневренности структур, норм управляемости; подбор, расстановка и повышение квалификации кадров, обеспечение соответствия должности квалификации и деловым качествам; рационализация структуры основного и вспомогательного персонала, НОТ управленцев.

3. **МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ** - совершенствование распределения функций и задач между уровнями и звеньями оргструктуры, концентрация и специализация функций, совершенствование систем оценочных показателей.

4. **ТЕХНИКА УПРАВЛЕНИЯ** - повышение уровня технической оснащенности работников управления, расширение использования средств сбора информации.

Наиболее рациональными путями совершенствования ОСУ могут быть:

1. Использование метода программно-целевого управления (ПЦУ), который представляет собой увязанную по срокам, ресурсам и исполнителям систему мероприятий, реализующую важные народно-хозяйственные задачи с ориентацией на конечную цель. Применяется для решения сложных комплексных научно-технических проблем.

В основе ПЦУ - представление всего объема работ в виде отдельных событий, связанных сроками, ресурсами и предметами труда. Мат. основа - сетевые графики. Орг. основа - назначение одного ответственного руководителя. ПЦУ хорошо формализуется, четко отслеживается и легко уточняется.

2. Использование методов ситуационного управления (СиУ), смысл которого в выборе наилучшего решения в конкретной ситуации. Методы основываются на использовании логико-трансформационных правил (ЛТП). ЛТП - это правила, обеспечивающие перевод УО из текущего состояния в требуемое. Для этого управления необходим достаточный набор ЛТП и средства их эффективного выбора в предполагаемых ситуациях. Наиболее применимы методы СиУ в ЧМС, однако рационально их использование и в ОСУ, т. к. у СиУ много общего с методами искусственного интеллекта.

3. Создание систем автоматизированного оргуправления.

### 8.3. НАПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОУ

Наиболее рациональным путем совершенствования ОСУ является автоматизация задач управления. Залогом успеха здесь является коренное изменение традиционной технологии ОУ, основанной на бумажных документах, использовании приближенных методов планирования и волевых решениях.

Среди задач ОУ можно выделить следующие принципы и направления, по которым автоматизация может дать наибольший эффект:

1. Сбор и упорядочение данных (классификация и сортировка) по принципам интегральной информационной базы (ИБД) и одноразового ввода данных (за исключением случаев дублирования по соображениям надежности).

На ИБД замыкаются все подсистемы учета и позволяют решать задачи управления на единой информационной основе. Такой подход не должен исключать наличия локальных БД, которые формируются и актуализируются как вторичные из ИБД (ВБД). Однако при этом необходимо соблюдение системного единства данных, т.е. изменения в основной ИБД должны приводить к изменениям во ВБД и, при необходимости, инициировать связанные с измененной информацией процедуры.



Задачи сбора данных должны также обеспечивать надежность БД по составу и достоверности информации.

2. Рационализация и систематизация информационных потоков, автоматизация документооборота. Это направление предполагает замыкание большинства потоков непосредственно через ЭВМ с обеспечением обмена информацией между элементами системы по каналам связи, на машинных носителях или через автоматизированные пункты сбора и распределения информации.

Автоматизация документооборота должна обеспечить сокращение числа бумажных документов, документов, передаваемых вручную, исключение тупиков и информационных циклов. Кроме того, она дает возможность увеличить объемы передаваемой в потоках информации, не перегружая специалистов управления за счет её систематизации.

3. Решение объемных и трудоемких задач планирования и управления (задачи ТЭП, задачи оперативно-календарного планирования, задачи технологической подготовки производства и т.п.). Трудоемкость данных задач связана с большой номенклатурой деталей предприятия, разнообразием технологических процессов, применяемых материалов, инструмента и т.п. Помимо размерности, сложность задач увеличивается вследствие применения итерационных математических методов в решении технико-экономических вопросов управления.

В это направление входят, естественно, приемы и методы управления, перестроенные с учетом возможности ЭВМ (принцип новых задач).

4. Решение не сложных, но трудоемких, рутинных задач (выборка справочных данных, группирование информации для отчетных документов, составление различных ведомостей, калькуляций, отчетов и т.п.).

#### 8.4. СВОЙСТВА АС

Можно выделить следующие свойства, которыми должна обладать современная АС:

1. Системность - обеспечение целостности системы, сохранение постоянной совместимости и связи компонент АС при ее создании, функционировании и развитии.

2. Комплексность - полный охват в АС всех необходимых процедур автоматизируемого процесса, которые должны быть объединены в "сквозные" циклы, исключая разрывы процесса и направленные на получение конечного продукта или на выполнение конечной функции.

3. Иерархичность - построение системы с учетом уровней и фаз управления, последовательности выполнения этапов автоматизированного процесса.

4. Адаптируемость и модифицируемость - приспособляемость к изменению объектов управления, возможность расширения и замена методов работы, в том числе при изменении структуры и содержания входной и выходной информации.

5. Мобильность - возможность функционирования на различного типа ЭВМ, наименьшая зависимость от конфигурации вычислительных средств.

6. Эргатичность - рациональное распределение функций ЭВМ и человека в процессе, удобство работы пользователей, автоматическое отслеживание последовательности включения задач и т.п.

7. Информационная согласованность и мультиинформативность – это единые способы представления данных, использование единых терминов, символов, условных обозначений, систем классификации и кодирования. Способность воспринимать и обрабатывать многие виды информации.

8. Инвариантность - выделение компонент системы по общности функций. Здесь целесообразно также использование унификации, типизации и стандартизации компонент системы. При этом необходим разумный компромисс с узкоспециализированными компонентами.

9. Агрегируемость (модульность) - реализация составляющих системы в виде минимальных, законченных компонент с минимальными связями с другими. Это свойство порождает декомпозируемость – возможность использования этих компонент в качестве самостоятельных.

10. Эволюционируемость и гибкость - возможность развития системы расширением ее функций, введением более совершенных компонент, достаточная простота изменений, дополнений, исправлений при сохранении ее системной организации и без серьезных задержек в эксплуатации.

11. Надежность и живучесть - способность обеспечивать получение достоверных результатов, устойчивость к случайным или намеренно вредным воздействиям, возможность продолжения работы при сбоях или отказах отдельных элементов.

12. Способность обучения пользователя работе в своей среде с оперативным разрешением возникающих в работе затруднений.

13. Тиражируемость - возможность применения системы или ее отдельных компонент в других организациях с возможностью настройки на соответствующие условия.

14. Эффективность в эксплуатации - обеспечение экономических, качественных, эргономических и т.п. преимуществ при использовании системы.

К отмеченному необходимо добавить, что в современных АС, должны использоваться идеи и методы искусственного интеллекта.

## 8.5. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ АСУ

АСУ является сложным объектом для проектирования и на его начальных этапах важно полное представление структуры системы – состав компонент, их место на уровне иерархии и взаимосвязь.

В связи с отсутствием определенных формализованных правил, разработка структуры АСУ (декомпозиция) выполняется с учетом придания системе свойств, перечисленных в пункте 8.4.

Первым шагом построения АСУ является определение ее обобщенной структуры, состоящей из двух основных частей: инвариантного ядра и проблемно-зависимой части, включающей функциональные системы (рис. 8.2).

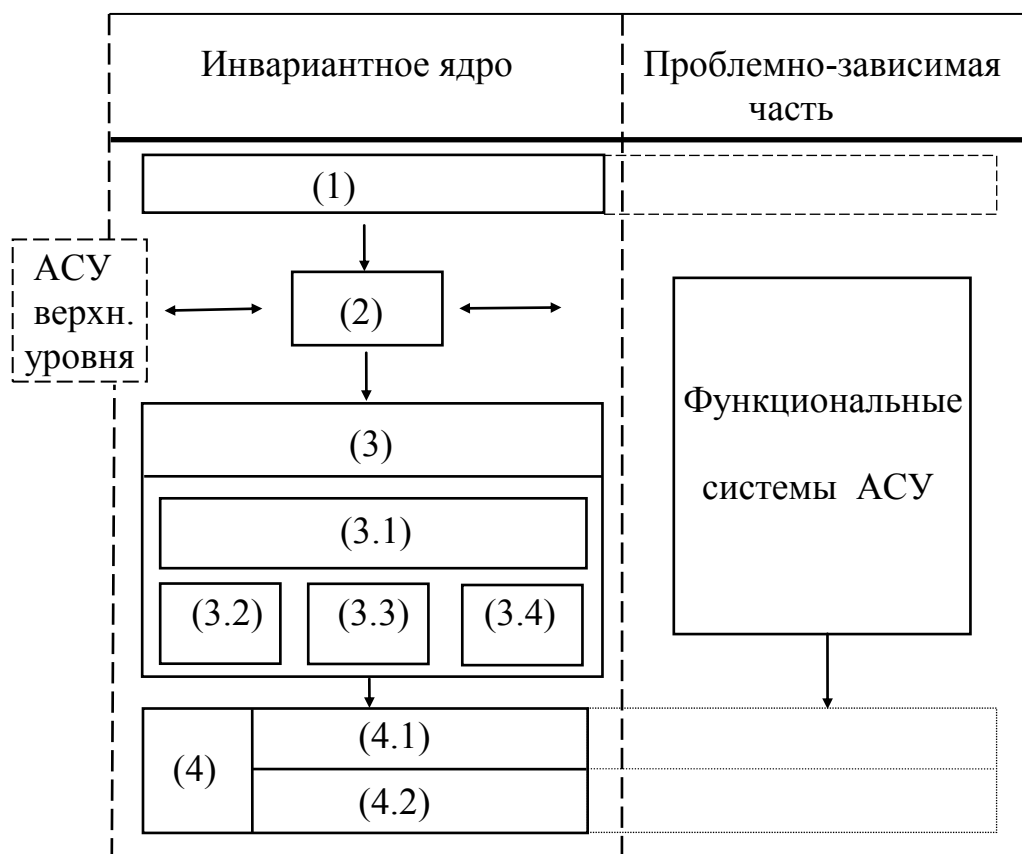


Рис 8.2.

Понятие "инвариантное ядро" отражает здесь необходимость выделения общих для всех функциональных систем компонент и включает:

1. Информационное обеспечение в виде распределенного иерархического информационного фонда РИИФ - (1). Фонд представляет совокупность взаимосвязанных БД, включающих всю необходимую для управления предприятием информацию.

2. Систему управления информационными базами СУИБ - (2), которая обеспечивает взаимодействие РИИФ с остальными частями ОСУ.

3. Обеспечивающие системы - (3), в состав которых входят:

- общесистемные программные средства - (3.2);

- базовые программные средства - (3.3);

- инвариантные проблемно-ориентированные программные средства - (3.4);

- метасреда - (3.1), включающая компоненты средств искусственного интеллекта и средства общения системы с пользователем. Выполнение автоматизированных процедур в метасреде должно обеспечить гибкость, адаптируемость и универсальность АСУ.

4. Средства обеспечения - (4), к которым можно отнести организационно-методические - (4.1) и технические - (4.2) средства обеспечения.

Структура инвариантного ядра может быть многоуровневой, учитывающей вертикальную структуру функциональных систем.

В проблемно-зависимой части АСУ могут быть проблемные части ИФ и средства обеспечения, отражающие их специфические особенности.

Следующий шаг в построении структуры АСУ - это разработка структуры проблемно-зависимой части (ПЗЧ) системы, т.е. определение ее основных подсистем. Основной проблемой декомпозиции здесь является выделение комплексных компонент, направленных на сквозное выполнение функций управления (планирование, регулирование, контроль) по всем уровням административной структуры предприятия. Главное правило при декомпозиции ПЗЧ системы - разделение на подсистемы с минимальным разрывом информационных связей предприятия, реализующие комплекс однородных задач на основе общих моделей и нормативно-справочной информации. Верхним уровнем такой декомпозиции может быть система АСАД (автоматизированная система административной деятельности).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные положения и порядок проектирования ОСУ.
2. Направления совершенствования ОСУ.
3. Основные направления автоматизации ОСУ.
4. Свойства, характеризующие современную АС.
5. Общие принципы разработки структуры АСУ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров, А.Г. Методы построения систем автоматического управления / Александров А. Г.; Ин-т проблем управления РАН. - М.: Физматлит, 2008. - 230 с.
2. Афанасьев, В.Н. Математическая теория конструирования систем управления: учебник для вузов. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. шк., 2003. - 614 с.
3. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления/ В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – СПб.: Профессия, 2007. – 752 с.
4. Бурганова, Л.А. Теория управления: учеб. пособие. - М.: Инфра-М, 2007. - 138 с.
5. Васильев, Ю. В. Практикум по теории управления: учеб. пособие для вузов / Парахина В. Н., Ушвицкий Л. И., Воронцова Г. В., Калюгина С. Н.; под ред. Ю. В. Васильева, В. Н. Парахиной, Л. И. Ушвицкого. - 2-е изд., доп. - М.: Финансы и статистика, 2005. - 304 с.
6. Веселова, Н.Г. Социальное управление и элементы его культуры: Обобщение и рекомендации / Трайнев В. А.; Междунар. Акад. наук информатики, информац. процессов и технологий (МАН ИПТ); Под ред. В. А. Трайнева. - М.: Дашков и К, 2002. – 338 с.
7. Гайдук А.Р. Теория автоматического управления. Учебник – , 2009. – 432 с.
8. Граждан, В.Д. Теория управления: учеб. пособие для вузов. - М.: Гардарики, 2005. - 415 с.
9. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления: Уч.пос. для вузов. - Энергоиздат, Ленингр.отд., 1982. - 288 с.
10. Егоров, А.И. Основы теории управления. - М.: Физматлит, 2004. - 502 с.
11. Калигин, Н.А. Принципы организационного управления. - М.: Финансы и статистика, 2003. - 267 с.
12. Кнорринг, В.И. Теория, практика и искусство управления: учебник для вузов. - 3-е изд., изм. и доп. - М.: НОРМА, 2004. - 527 с.
13. Крайзмер, Л.П. Техническая кибернетика. М.- Л.: Энергия, 1964.- 88 с.
14. Мухин, В.И. Основы теории управления: учебник. - М.: Экзамен, 2003. – 255 с.
15. Мухин, В.И. Исследования систем управления: учебник. - М.: Экзамен, 2006. – 479 с.
16. Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов/ Под ред. В.И.Крутова, В.В.Попова. - М: Высш. шк., 1989. - 400 с.
17. Основы теории управления: учеб. пособие / Под ред. В. Н. Парахиной, Л. И. Ушвицкого. - М.: Финансы и статистика, 2003. – 558 с.

18. Основы управления предприятием: учеб. пособие для вузов. В 3 кн. - М.: Финансы и статистика, 2005. - Кн. 1: Современные тенденции в управлении. - 400 с.
19. Пантелеев, А.В. Теория управления в примерах и задачах: учеб. пособие для вузов. - М.: Высш. шк., 2003. – 231 с.
20. Парахина, В. М. Практикум по теории управления: учеб. пособие / Ушвицкий Л. И., Воронцова Г. В., Гонтарь Ю. А., Калюгина С. Н.; Под ред. В. Н. Парахиной. - М.: Финансы и статистика, 2003. – 269 с.
21. Петров, Ю.П. Новые главы теории управления и компьютерных вычислений. - СПб.: ВHV-Санкт-Петербург, 2004. - 192 с.
22. Синергетика и проблемы теории управления / под ред. А. А. Колесникова. - М.: Физматлит, 2004. - 502 с.
23. Созонник, Г.Д. Цифровые системы управления. - Киев: Техника, 1991. – 191 с.
24. Социальное управление: Курс лекций / Вернигорова Т. П., Граждан В. Д., Калиниченко Л. А.; Ред. кол.: Карпичев В. С. - М.: РАГС, 2000. – 438 с.
25. Столяров, И.А. Математика и кибернетика в управлении.- М.: Экономика, 1973. - 79 с.
26. Теория автоматического управления: Учебник для вузов / Под ред. В.Б.Яковлева. – М. : Высшая школа, 2009 – 579 с.
27. Теория автоматического управления: Учебник для вузов / Под ред. В.И. Лачина. – Ростов н/Д : Феникс, 2007 – 469 с.
28. Уколов, В.Ф. Теория управления: учебник для вузов. - 2-е изд., доп. - М.: Экономика, 2004. - 655 с.
29. Фельдбаум, А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем. - М.: Наука, 1966. - 624 с.
30. Цифровые системы управления : учебное пособие / Григорьев В.В. [и др.]. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2011. – 133 с.