

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

Институт компьютерных технологий и защиты информации

Л.М. Шарнин

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Учебно-методическое пособие

В учебном пособии изложены основы построения информационных систем на базе современных информационных технологий как составляющих формирования информационного общества.

Рассмотрены базовые информационные процессы, их характеристики и модели. Раскрыты содержание, возможности и области применения базовых и прикладных информационных технологий. Приведена методика разработки и оценка качества информационных систем.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходит процесс становления информационной индустрии и ее проникновение во все сферы человеческой деятельности. Необходимым элементом любого предприятия, банка, компании, учреждения становятся информационные технологии, охватывающие все уровни профессиональной деятельности. Информация становится международным товаром, требуется развитие методов, технологий, навыков и инструментальных средств, ориентированных на создание качественных продуктов информационных технологий.

Перспективными направлениями внедрения информационных технологий в образование являются системы дистанционного обучения; разработка сетевых учебных курсов для всех форм обучения; развитие автоматизированных лабораторий удаленного доступа; создание виртуальных лабораторий, использующих различные методы моделирования и численного эксперимента; разработка доступных педагогу инструментальных средств.

Внедрение информационных систем и технологий требует подготовки как пользователей, так и разработчиков, но для всех обучаемых необходимо:

- знать базовые информационные процессы, структуру, модели, методы и средства базовых и прикладных информационных технологий, методику создания, проектирования и сопровождения систем на базе информационной технологии;
- уметь применять информационные технологии при решении функциональных задач в различных предметных областях, а также при разработке и проектировании информационных систем;
- иметь представление об областях применения информационных технологий и их перспективах в условиях перехода к информационному обществу.

ГЛАВА 1

ИНФОРМАЦИЯ И СИСТЕМЫ

1.1 Виды, формы и структура информации

Термин «информация» происходит от латинского слова «informatio» - разъяснение, изложение, осведомленность. Понятие информации должно быть связано с определенным объектом, свойства которого она отражает. Информация о любом материальном объекте может быть получена путем наблюдения, натурального либо вычислительного эксперимента, а также на основе логического вывода. Поэтому говорят о доопытной или априорной информации и послеопытной, т.е. апостериорной, полученной в итоге эксперимента.

Информация – результат отражения. Информация отображает некоторый образ реального лица, который в дальнейшем может существовать независимо от материального объекта. Действительно, для описания естественных либо искусственно созданных объектов используют информационные модели, которые далее могут быть исходным материалом для разработки систем. Очень важно, чтобы эти модели были адекватны реальным объектам.

Понятие информации предполагает наличие двух объектов – источника информации и потребителя. Важно, чтобы информация для потребителя имела смысл. Потребитель информации может ее оценивать в зависимости от того, где и для какой конкретной задачи информация используется. Поэтому выделяют такие аспекты информации, как прагматический (достижение поставленной цели), семантический (смысл передаваемой информации), синтаксический (способ ее представления).

В зависимости от реального процесса, в котором участвует информация (осуществляется ее сбор, передача, преобразование, отражение, представление, ввод или вывод) она представляется в виде специальных знаков, символов.

Виды информации. Все виды деятельности человека по преобразованию природы и общества сопровождалась получением новой информации.

Информацию различают по следующим признакам:

1. по области знаний:

- политическая;
- биологическая;
- научно-техническая;
- экономическая

2. по физической природе восприятия:

- зрительная;
- слуховая;
- вкусовая;
- болевая;
- температурная

3. по метрическим свойствам:

- параметрическая;
- топологическая;
- абстрактная

Рассмотрим постепенно классификацию, наиболее пригодную для технических приложений.

Формы информации

Параметрическая	Топологическая
Событие	Точка
Величина	Линия
Функция	Поверхность
Комплекс	Объем
П-пространство	Т-пространство

К параметрической информации относятся наборы численных оценок при измерении в процессе исследований, анализе, контроле и учете.

К топологической – геометрические образы, карты местности, различные изображения и объемные объекты.

К абстрактной – математические соотношения, обобщения, образы и понятия.

Параметрической информацией чаще всего пользуются в науке и технике, для выражения результатов измерений.

Топологической информацией удобно выражать образы и ситуации, подлежащие распознаванию.

Абстрактную информацию применяют в исследованиях на высоком теоретическом уровне, когда нужны отвлечения, обобщения и символизация.

В инженерной практике широко используется параметрическая информация, которую можно свести к 4 формам:

- событие
- величина
- функция
- комплекс

Первичным и неделимым элементом информации является СОБЫТИЕ:

двоичное < утверждения или отрицания

< истина / ложь

< согласие / несогласие

< наличие явления / отсутствие явления

Примеры:

Есть импульс или пауза

Годное или бракованное изделие

Черный или белый элемент TV изображения

Попадание в цель или промах

Есть или нет команды

Событие является категорией нулевой меры, т.е. не имеет геометрических измерений. Поэтому оно и представляется точкой.

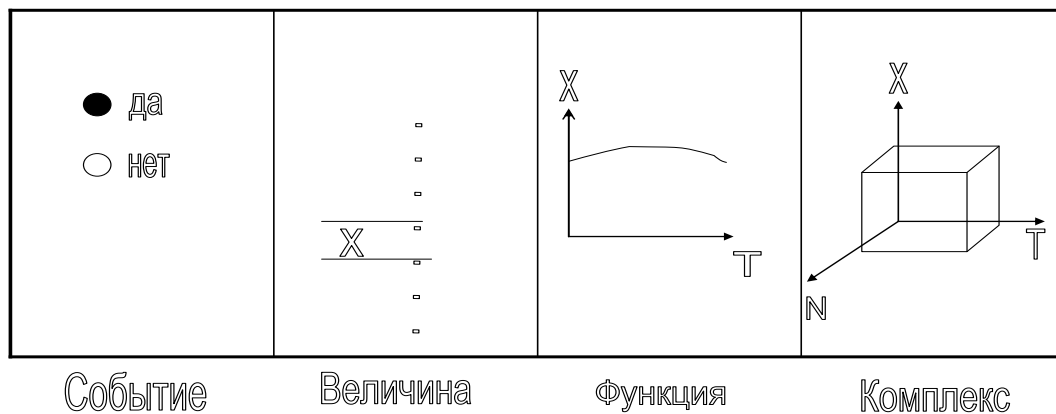
Величина есть упорядоченное в целом измерении множество событий. Величина может быть дискретной (счетно) или непрерывной (несчетно).

Геометрически величину можно представить линией.

Функция $X(T)$ есть соответствие между величиной и воздействием или пространством N или другой величиной. Представляется как поверхность – двумерное поле событий.

Комплекс $X(T, N)$ – полный комплекс $X(TN)$ есть соответствие между величиной с одной стороны и временем и пространством с другой. Таким образом, полный комплекс информации есть трехмерное поле событий, т.е. объем.

Представление параметрической информации



П-пространство в топологии Т-пространство. Геометрические пространства (линия, плоскость, объем) представляют собой информационные категории только в случаях, когда они представляют место положения событий.

Структура информации

Информация может претерпевать различные структурные преобразования

Условное обозначение	Наименование структуры
$\{X\}, \{T\}, \{\alpha\},$	Натуральная
$\{X\}, \{T\}, \{N\}$	Нормализованная

$\{X, T, N\}$	Комплексная
$\{X, T, N\}$	Декомпонированная
$GA\{X, T, N\}$	Генерализованная
X_u, T_v, N_x	Дискретная (квантованная)
q_x, q_t, q_N	Безразмерная
	Кодированная

Натуральная информация отражает реальное существование объектов. Она имеет аналоговую форму, засорение шумами, неоптимальные по диапазонам и началам отсчетов значений параметров.

Нормализованная информация отличается от натуральной тем, что в ней каждое множество $\{X\}$, $\{T\}$, $\{N\}$ уже приведено к одному масштабу, диапазону начала отсчета и другим общим унифицированным характеристикам.

Т.е. это результат воздействия операторов

масштабного M

диапазонного D

локализованного L

Комплексированная информация образуется в результате приведения всей информации к полному комплексу, т.е. к трехмерной системе XTN , где

X – обобщенные координаты значений параметров

T – обобщенные координаты времени

N – обобщенные координаты пространства источников информации.

Изменение количества измерений структуры и расположения элементов в информационных комплексах приведет к форме декомпонированной информации. Часто используют 2 вида декомпозиции:

- 1) приведение физического пространства 3-ех измерений (объема) к пространству 2-ух или одного измерений

- 2) приведение полного комплекса XTN к любой плоскости XT , XN , TN или оси X , T , N .

Декомпонированная информация декоррелирована, в ней нарушены или удалены связи между отдельными элементами информации.

В генерализованной информации исключены второстепенные ее части, данные обобщены или укрупнены.

Дискретная (квантованная) информация совпадает с исходной непрерывной информацией по физической размерности, отличаясь от нее лишь прерывным характером.

Дискретизация может быть равномерной и неравномерной.

Безразмерная информация отличается универсальной безразмерной числовой формой.

Число, отображающее безразмерную информацию, соответствует количеству информационных элементов (квантов) и получается в результате дискретизации информационного комплекса, т.е. равно отношению любой координаты к ее интервалу дискретности

$$m_x = \frac{X}{\Delta X} \quad m_T = \frac{T}{\Delta T} \quad m_N = \frac{N}{\Delta N}$$

Кодированная информация имеет форму совокупности чисел или цифровую форму, основанную на применении системы счислений или кодирования.

Устранение избыточности информации

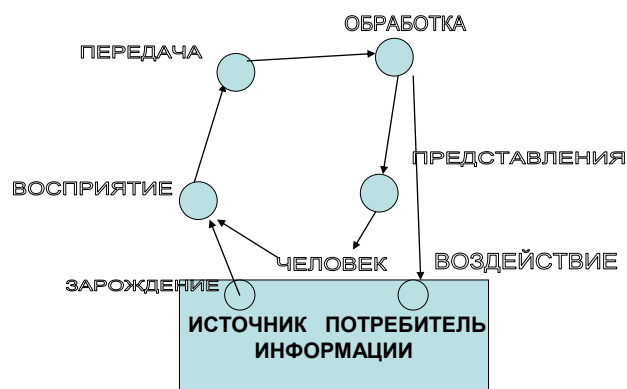
Из множества физических процессов, протекающих в объектах наблюдения или управления, выделяют системы, формирующие первичную информацию. Различают несколько фаз или этапов обогащения информации:

- 1) Структурное устранение избыточности или структурное обогащение информации

- 2) Устранение статистической избыточности путем учета возможных характеристик информации
- 3) Выделение смыслового содержания, т.е. осуществляется семантическое обогащение
- 4) Прагматическое обогащение осуществляется на этапе принятия решения, после которого выдаются единичные командные сигналы.

Можно все это представить в виде пирамиды потоков информации с последовательным уменьшением их плотности.

Фазы обращения информации



Материальным носителем информации является сигнал, то весь цикл можно рассматривать одновременно и как цикл обращения и преобразования сигналов, несущих информацию.

Восприятие состоит в том, что формируется образ объекта, производится его опознание и оценка. При восприятии нужно отделить полезную информацию от шумов (радиосвязь, локация, телесети), что связано с большими трудностями.

В фазу восприятия могут включаться операции подготовки информации, ее нормализации, квантования, кодирования модулями сигналов и построение моделей.

Передача – перенос на расстояния и во времени, борьба с шумами в каналах связи.

Обработка – машинное преобразование информации с промежуточным хранением.

Представление – когда есть человек в АСУ

Воздействие-регулирование, управление на объект.

1.2. Количественные и качественные характеристики информации

При изучении теории информационных систем важным вопросом является установление меры количества и качества информации.

Информационные меры отвечают трем основным направлениям в теории информации:

- структурному;
- статистическому;
- семантическому.

Структурная теория рассматривает дискретное строение массивов информации и их изменение простым подсчетом информационных элементов (квантов) или комбинаторным методом, предполагающим простейшее кодирование массивов информации.

Статистическая теория оперирует понятием энтропии как меры неопределенности, учитывающей вероятность появления, а следовательно, и информативность тех или иных сообщений.

Семантическая теория учитывает целесообразность, ценность, полезность или существенность информации.

Указанные три направления имеют свои области применения.

Структурная теория применяется для оценки возможностей аппаратуры ИС (качество связи запоминающих и регистрирующих устройств).

Статистическая теория дает оценки ИС в конкретных применениях (системы связи с определенной статистической характеристикой).

Семантическая теория применяется к оценке эффективности логического опыта.

Структурные меры информации

При использовании структурных мер учитывается только дискретное строение данного информационного комплекса, в особенности количество содержащихся в нем информационных элементов, связей между ними или комбинаций из них.

Под информационными элементами понимаются неделимые части-кванты информации в дискретных моделях реальных информационных комплексов, а также элементы алфавита в числовых системах.

В структурной теории различаются:

- геометрическая,
- комбинаторная,
- аддитивная мера информации.

Наибольшее распространение получила двоичная аддитивная мера, мера Хартан, измеряющая количество информации в двоичных единицах-битах.

Геометрическая мера

Определение количества информации сводится к измерению длины линии, площади или объема геометрической модели данного информационного комплекса дискретных единиц - определенных выше квантов.

Геометрическим методом определяется потенциальное, т.е. максимально возможное, количество информации в заданных структурных габаритах. Это количество будем называть информационной емкостью исследуемой части информационной системы.

Информационная емкость может быть представлена числом, показывающим, какое количество квантов содержится в полном массиве информации.

Геометрическую меру можно применять не только для оценки информационной емкости, но и для оценки количества информации.

Пусть информация отражается полным комплексом X_{TN} .

Величина X есть упорядоченное в одном измерении (по шкале значений) множество событий.

T - время, само по себе не содержит информации. Множество событий во времени можно упорядочить относительно координат N и T в виде функции $N(T)$.

N - пространство. Координата N представляет событие на линиях: $N1$ и $N2$ являются координатами плоскости.

$N1, N2, N3$ характеризуют объем.

Если дискретные отсчеты осуществляются по осям X, T и N соответственно через интервалы $\Delta X, \Delta T, \Delta N$, то непрерывные координаты распадаются на элементы (кванты), количество которых составляет

$$m_x = X/\Delta x ; \quad m_T = T/\Delta T ; \quad m_N = N/\Delta N.$$

Тогда количество информации в квантах в полном комплексе XNT определения геометрическим методом равно

$$M = m_x \cdot m_T \cdot m_N$$

Комбинаторная мера

Комбинаторная мера применяется, когда требуется оценить возможность передачи информации при помощи различных комбинаций информационных элементов.

Кадрирование комбинаций есть один из способов кодирования информации.

Количество информации в комбинаторной мере вычисляется как количество комбинаций элементов.

Комбинирование с независимыми элементами, переменными связями или разнообразными позициями. Элементы неодинаковы, если они отличаются один

от другого любым признаком – размером, формой, цветом. Одинаковые по всем своим признакам элементы могут стать неодинаковыми, если учесть их положение, позицию (позиционные системы счисления отрезков).

Например:

а) 11110 → 01111 - сменил позицию 0, а значение было 30, стало 15.

б) 00001 → 10000 - положение сменила 1, а значение с 1 стало в 16.

В комбинаторике рассматриваются различные виды соединения элементов.

1) СОЧЕТАНИЯ из h элементов по l различаются составом элементов.

Их возможное число равно

$$Q = \binom{l}{h} = \frac{h!}{l!(h-l)!} = \frac{h(h-1)\cdots(h-l+1)}{1\cdot 2\cdot 3\cdots l}$$

Сочетания с повторениями также различаются составом элементов, но элементы в них могут повториться до l раз, тогда число сочетаний

$$Q = \binom{l}{h}_{\text{повт}} = \frac{(h+l-1)!}{l!(h-l)!} = \binom{l}{h+l-1}$$

2) ПЕРЕСТАНОВКИ h элементов различаются их порядком.

Число возможных подстановок h элементов

$$Q = 1\cdot 2\cdot 3\cdots h = h!$$

Подстановка с повторениями элементов, причем один из элементов повторяется α , другой - β , наконец последний - ν раз. Характеризуется возможным числом

$$Q = \frac{(\alpha + \beta + \dots + \nu)!}{\alpha! \beta! \dots \nu!}$$

3) РАЗМЕЩЕНИЯ из h элементов по l элементов различаются и составом элементов, и их порядком. Возможное число размещений из h элементов по l

$$Q = \binom{l}{h} = h(h-1)(h-2)\dots(h-l+1) = \frac{h!}{(h-l)!}$$

Возможное число размещений с повторениями по l из h элементов

$$Q = \left(\frac{l}{h}\right)_{\text{повт}} = h^l$$

При применении комбинаторной меры возможное количество информации Q совпадает с числом возможных соединений.

Таким образом, определение количества информации Q в комбинаторной мере заключается не в простом подсчете квантов, как это было при оценке в геометрической мере, а в определении количества возможных или действительно осуществленных комбинаций, т.е. в оценке структурного разнообразия.

Аддитивная мера (мера Хартли)

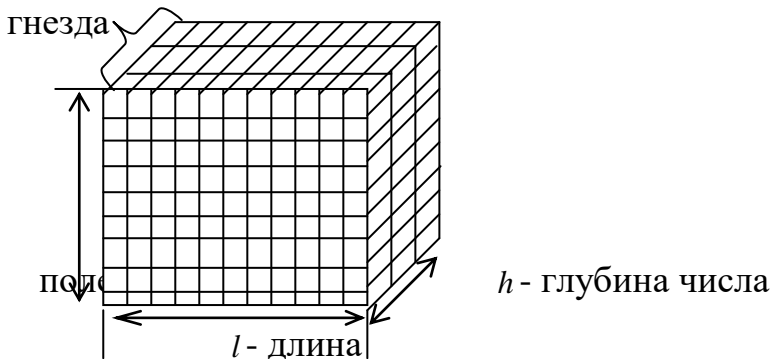
В теории информации важную роль играет комбинаторика чисел и кодов.

Введем понятие глубины h и длины l числа.

Глубиной h числа называется количество различных элементов (знаков), содержащееся в принятом алфавите.

Глубина числа соответствует основанию системы счисления и кодирования.

Один полный алфавит занимает гнездо, глубина которого также равна h .



числа, количество разрядов

$$Q = n^l, \quad n - \text{количество чисел}$$

Q - емкость гряды экспоненциально зависит от



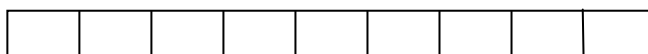
В каждый данный момент реализуется только один какой-либо знак из h возможных.

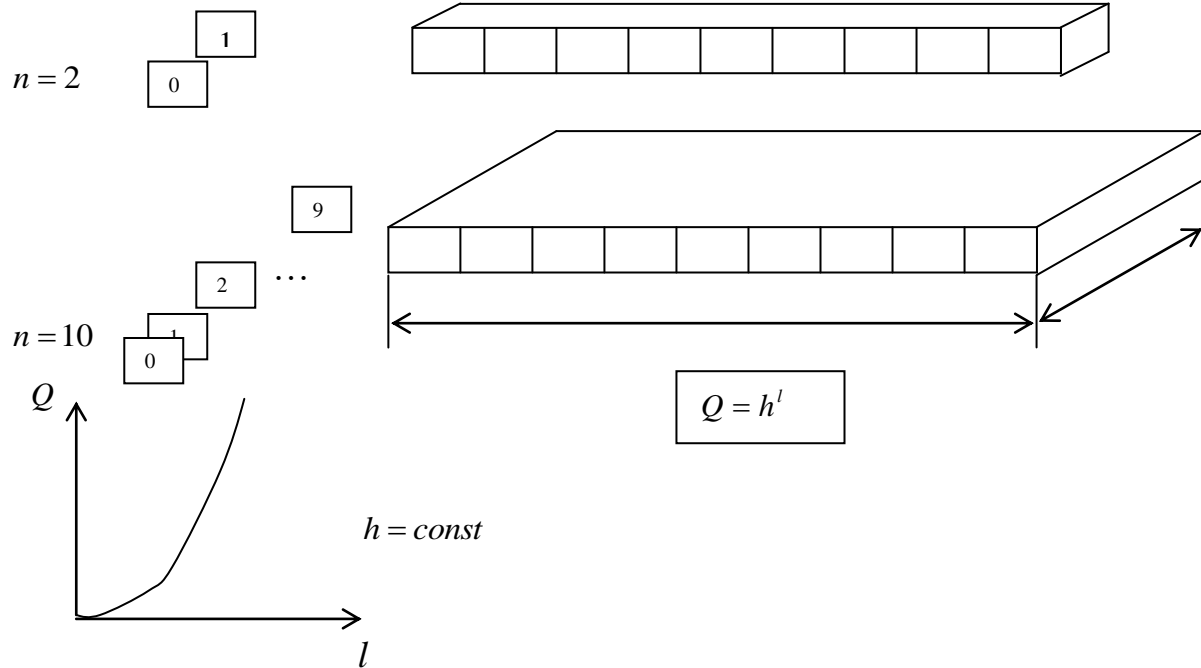
Реализация знака принимает форму высе? ?? ления наружу нужного знака из глубины гнезда, хранящего в определенном порядке весь запас знаков.

Длиной l числа называется количество числовых гнезд, т.е. количество повторений ??? необходимых и достаточных для представления чисел нужной величины. Длина числа соответствует разрядности системы счисления и кодирования. Некоторое количество чисел N представляется числовым полем.

Пример числовых гряд для:

$$n = 1$$





Вследствие показательного закона зависимости Q от l число Q не является удобной мерой для оценки информационной емкости.

Поэтому Хартли ввел аддитивную двоичную логарифмическую меру, позволяющую вычислять количество информации в двоичных единицах – БИТах, сокращенно бит.

Для этого берется не само число Q , а его двоичный логарифм

$$J = \log_2 Q = \log_2 h^l = l \cdot \log_2 h \text{ бит}$$

Здесь J обозначает количество информации по Хартли.

Пример. Если количество разрядов (длина l) равно 1, принята двоичная система счисления (глубина $h = 2$) и используется двоичный логарифм, то потенциальное количество информации равно 1 бит.

$$J = 1 \cdot \log_2 2 = 1 \cdot 1 = 1 \text{ бит}$$

Это и есть единица информации. Она соответствует одному элементарному событию, которое может произойти или нет.

Аддитивная мера удобна тем, что она обеспечивает возможность сложения количества информации для числа l , т.е. количеству числовых гнезд. Введенное

количество информации эквивалентно количеству знаков 0 и 1 при кодировании событий по двоичной системе счисления.

Оному биту соответствует одна двоичная единица.

Пример. $n = 10$

$$l = 3$$

$$Q = h^l = 10^3 = 1000 \approx 999$$

$$J = \log_2 Q = \log_2 10^3 = 3 \cdot \log_2 10 \approx 3 \cdot 3,32 \approx 10$$

Закодируем это число по двоичной системе $n = 2$ и найдем l

$$Q = 2^l$$

$$\log_2 2^l = l \cdot \log_2 2 = l,$$

$$\text{тогда } l = \log_2 1024 = 10 \approx l.$$

Это означает, что по двоичной системе данное число запишется (закодируется) десятью единицами

$$Q = 1024 \approx 2^9 + 2^8 + 2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0 = 1111111111$$

Точное значение $Q = 1024 = 2^{10}$ нужно записать одной единицей в позиции, соответствующей 2^{10} и десятью нулями. Приближение равенства показывает, что количество знаков приходится брать либо l , если J целое число, либо дополнять его до ближайшего целого, если J дробное число.

При наличии нескольких источников информации общее количество информации, которое можно получить от всех источников

$$J(QQ_2 \cdots Q_n) = J(Q) + J(Q_2) + \cdots + J(Q_n)$$

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕРЫ ИНФОРМАЦИИ

Вероятность и информация

При вероятностном подходе информация рассматривается как сообщение об исходе случайных событий реализации, случайных величин и функций, а количество информации ставится в зависимость от априорных вероятностей этих событий, величин, функций. Когда получается сообщение о чисто встречающихся событиях, вероятность появления которых стремится к 1, т. е. к показателю полной достоверности, то такое событие мегоинформативно. Столь же мегоинформативны сообщения о противоположных событиях (антисобытиях), вероятность которых стремится к нулю и которые, следовательно, почти невозможны.

Например. Событие « ЧАСЫ ИДУТ» имеет вероятность $p=1$, тогда как антисобытие "ЧАСЫ НЕ ИДУТ" имеет вероятность $p=1-p=0$. Событие и антисобытие составляют одно двоичное однопредметное явление. Может быть, также двоичное двухпредметное событие заканчивающийся выборе из двух возможных предметов.

Пример. Выбор белого или черного шара выпадает герба или решки на монете ДА - НЕТ Событие-антисобытие. Другой вид сообщений составляют двухпредметные двоичные явления, которые распадаются на четыре элементарных шага:

- 1) Вынут белый шар
- 2) Не вынут белый шар
- 3) Не вынут черный шар
- 4) Вынут черный шар.

Будем под событием понимать элементарное однопредметное явление, которое может быть с вероятностью от $p=0$ до $p=1$ или не быть с

$$q=1-p \text{ до } q=0.$$

вероятностью

Когда $p=0,5$ и $q=0,5$ будет иметь место наиболее неопределенность

События можно рассматривать как возможные исходы некоторого опыта, причем все исходы составляют ансамбль или полную группу событий, для которой

$$p_1 + p_2 + \dots + p_i + \dots + p_n = 1$$

Вообще событиями x_1, x_2, \dots, x_n могут быть k возможных дискретных состояний какой-либо системы

Исходы	A	A ₂		A	...		A _n
Значения измен.вел.	X	x ₂		X			X _n
Вероятность исхода или значения	P	P ₂		P			P _n

В простейшем эти события несовместимы. Они составляют полную группу

$$\sum_{j=1}^k p(x_j) = 1$$

ЭНТРОПИЯ (по греч. обращение).

Неопределенность каждой ситуации характеризуется величиной, называемой энтропией. Примеры:

Энтропия в термодинамике означает вероятность теплового состояния вещества, в математике - степень неопределенности ситуации или задачи, в информатике она характеризует способность источника отдавать информацию. Все эти понятия родственны между собой и в общем отображают степени богатства и неожиданности состояний.

Ансамблем называется полная группа событий или, иначе, поле совместных событий с известными распределением вероятностей, составляющих в сумме 1.

В статистической теории информации (теории связи) предложенной Шенноном в 1948г. энтропия количественно выражается как средняя функция множества вероятностей каждого из возможных исходов ответа.

Пусть имеется всего N возможных исходов ответа» из них K разных и исход (i=1, 2 ... k) повторяется n_i раз и вносит информацию, количество которой оценивается как J_i ,

Тогда средняя информация, доставляемая одним опытом

$$J_{cp} = \frac{n_1 J_1 + n_2 J_2 + \dots + n_k J_k}{N}$$

Но количество информации в каждом исходе связано с его вероятностью и выражается в двоичных единицах (битах) через логарифм.

$$J_i = \log \frac{1}{p_i} = -\log p_i$$

$$J_{cp} = \frac{n_1 (-\log p_1) + n_2 (-\log p_2) + \dots + n_k (-\log p_k)}{N}$$

Тогда

Где $\frac{n_i}{N} = p_i$ - частота повторения исходов опр. p_i

Поэтому средняя информация в битах

$$J_{cp} = p_1 (-\log p_1) + p_2 (-\log p_2) + \dots + p_k (-\log p_k)$$

$$\text{Или } J_{cp} = -\sum_{i=1}^k p_i \log p_i$$

Полученную величину Шеннон назвал энтропией и обозначил буквой H

$$H = J_{cp} = -\sum p_i \log p_i$$

Основание логарифма определяет единицу измерения энтропии и количества информации.

Двоичная единица, соответствующая основанию равному двум, называется битом. Чаще всего применяют двоичный логарифм, так как он непосредственно дает количество информации в битах, хорошо с двоичной логикой, двоичным кодированием и двоичной (релейной) техникой.

СВОЙСТВА ЭНТРОПИИ

1. Энтропия всегда неотрицательна, так как значения вероятностей выражаются дробными величинами, а их логарифм — отрицательными величинами, так что члены $\log_2(-a)$ неотрицательны.
2. Энтропия равна нулю в том случае, когда одно событие равно 1, а все остальные - нулю.
3. Энтропия имеет наибольшее значение при условии, когда все вероятности равны между собой, $P_1=P_2=\dots=P_i=P_k=1/k$, при

$$\text{этом } H = -\log_2 1/k = \log_2 k.$$

Логарифмическая статистическая мера информации связана с аддитивной логарифмической мерой Хартли,

$$J^1 = \log_2 h$$

Для их сопоставления необходимо положить $k = h$ и $l = 1$, и все вероятности равными между собой

$$P_i = 1/h = p_1 = p_2 = \dots = p_n$$

Тогда $H = \log_2 h$ бит.

Совпадение оценок количества информации по Шеннону и по Хартли свидетельствует о полном использовании информационной емкости системы.

В случае неравных вероятностей количество информации по Шеннону меньше информационной емкости системы,

Примеры: А. Равновероятные состояния:

$$p_1=p_2=0,5 \quad p_1+p_2=1$$

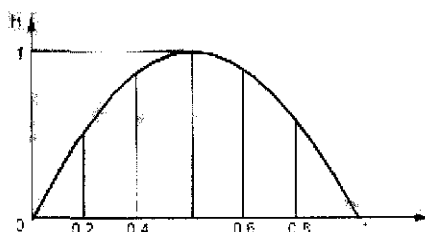
$$H=-(0,5 \log_2 0,5 + 0,5 \log_2 0,5) = -[0,5(-1) + 0,5(-1)] = 1 \text{ бит.}$$

Б. Не равновероятные состояния:

$$p_1=0,9 \quad p_2=0,1 \quad p_1+p_2=1$$

$$H=-(0,9 \log_2 0,9 + 0,1 \log_2 0,1) = -[0,9(-0,152) + 0,1(-3,32)] = 0,46 \text{ бит.}$$

В. Детерминированные состояния:



$$p_1=1 \quad p_2=0 \quad p_1+p_2=1$$

$$H=-(1 \log_2 1 + 0 \log_2 0) = 0$$

$$p_1=0 \quad p_2=1 \quad p_1+p_2=1$$

$$H=0$$

ЭНТРОПИЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ

Объединением называется совокупность двух и более взаимозависимых ансамблей дискретных случайных переменных.

Рассмотрим объединение, состоящее из двух ансамблей X и Y , например из двух дискретных измеряемых величин, связанных между собой вероятностными зависимостями.

Схема ансамбля X :

$$x_1 \quad x_2 \dots x_{i-1} \dots x_n;$$

$$p(x_1) \quad p(x_2) \dots p(x_{i-1}) \dots p(x_n);$$

Схема ансамбля Y :

$$y_1 \quad y_2 \dots y_{i-1} \dots y_n;$$

$$p(y_1) \quad p(y_2) \dots p(y_{i-1}) \dots p(y_n);$$

Схема объединения X и Y :

$$x_1$$

$$x_2 \quad \dots \quad x_n$$

$$y_1 p(x_1 y_1)$$

$$p(x_2 y_2) \quad \dots \quad p(x_n y_1)$$

$$y_2 p(x_1 y_2)$$

$$p(x_2 y_2) \quad \dots \quad p(x_n y_2)$$

$$y_m p(x_1 y_m)$$

$$p(x_2 y_m) \quad \dots \quad p(x_n y_m)$$

Вероятность произведения (совпадения) совместных зависимых событий X и Y равна произведению безусловной вероятности $p(x)$ или $p(y)$ по условию вероятности $p(y/x)$ или $p(x/y)$

$$P(x, y) = p(x) * p(y/x) = p(y) * p(x/y)$$

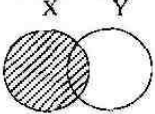
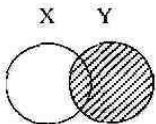
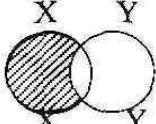
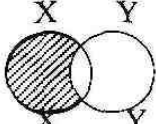
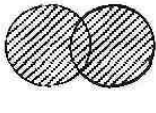

Отсюда находятся условные вероятности

$$P(y/x) = p(x, y)/p(x)$$

$$P(x, y) = p(x, y)/p(y)$$

В зависимости от того, какое событие является причиной, а какая следствием.

С объединением связаны понятия безусловной, условной, совместной и взаимной энтропии.

Наименование	Обозначение	Соотношения	Диаграмма
Безусловная энтропия	$H(x)$	$H(x) \geq H(x/y)$ $H(x) = H(x/y) + H(x * y)$	
	$H(y)$	$H(y) \geq H(y/x)$ $H(y) = H(y/x) + H(x * y)$	
Условная энтропия	$H(x/y)$	$H(x/y) = H(x) - H(x * y)$	
	$H(y/x)$	$H(y/x) = H(y) - H(x * y)$	
совместная энтропия	$H(x, y) = H(y, x)$	$H(x, y) = H(x) + H(y/x) = H(y) + H(x/y) = H(x) + H(y) - H(x * y)$	
Взаимная энтропия	$H(x, y) = H(y, x)$	$H(x, y) = H(x) - H(x/y) = H(y) - H(y/x)$	

1.3 Основные понятия систем.

Краткая историческая справка.

Понятие системы было впервые сформулировано в рамках общей теории систем, одним из создателей которой был Людвиг фон Берталанфи (1901г. рожд.). Правда, отечественные ученые выдвигают в качестве родоначальника общей теории систем (ОТС) некого А.А. Богданова – автора опубликованной в конце 30-х годов монографии «Всеобщая организационная наука», но общепризнанным во всем мире патриархом систем является все же американский ученый Бергланди, кстати, один из двух (совместно с А. Рапопортом) постоянных редакторов ежегодника «Общие системы», издаваемого в США.

Позднее вопросы исследования систем разрабатывались также большим числом ученых различных стран, в том числе Р.Л. Акоффом, У.Р. Эшби, В.М. Глушковым, Н.А. Бусленко, Ю.А. Шрейдером и другими.

Существует большое число различных определений системы. Все зависит от исследователя, цели, которую он ставит перед собой, занимаясь работой в области теории систем. Вот самое простое и, похоже, всеобъемлющее определение: «Система есть совокупность или множество связанных между собой элементов». Но можно сделать точный вывод: к настоящему времени не существует единого определения системы, удовлетворяющего всем предъявляемым требованиям. Плодотворной оказывается точка зрения, отображающая систему как объект, возникающий в результате операции выделения некоторой части внешнего мира по тем или иным признакам.

Субъективное содержание понятия системы состоит в следующем. Исследователь, приступая к изучению определенного объекта или группы объектов, выделяет из внешней среды те или иные явления, которые, с одной стороны отвечают цели исследования, а с другой – легче и естественнее поддаются анализу или проектированию.

Объективное содержание понятия системы связано с тем, что систем, как правило, обладает пространственной или функциональной замкнутостью.

Это означает, что можно провести границу либо в пространстве компонент этой системы, либо её функций, по одной сторону от границы окажется система, а по другую – внешняя среда. При этом свойства системы оказываются отличными от свойств внешней среды. Положение этой границы определяется уже самим исследователем.

Таким образом, под системой в дальнейшем будем понимать совокупность взаимосвязанных объектов (компонентов), которую исследователь выделяет из внешнего мира либо по пространственному, либо по функциональному признаку. Следует указать, что эти две возможности не являются взаимоисключающими.

Приведем несколько примеров систем:

1. Солнечная система;
2. Живой организм;
3. Сеть ЭВМ;
4. Промышленное предприятие;
5. Электрическая схема;
6. Кодекс законов о труде;
7. Система уравнений;
8. СОБЕС;
9. Операционная система ЭВМ;
10. Сердечно-сосудистая система;
11. АСУТП.

Системы 1-7, состоящие из материальных и абстрактных объектов, сформированы по пространственному признаку, исследователь одновременно производит структуризацию системы. Под структуризацией системы понимается выделение в ней двух типов объектов – множества элементов и множества связей – и установление соотношений этих множеств друг с другом. Так, основными элементами Солнечной системы являются Солнце и планеты, а связями – гравитационное взаимодействие между ними. В промышленном предприятии элементам являются отдельные уравнения, а связями – участие одних и тех же переменных в различных уравнениях.

Часто встречаются системы, пространственные границы которых не служат характерным признаком. Например, два человека, беседующие по телефону, составляют систему, двумя элементами которой являются собеседники, а видом связи - телефонный разговор.

Не всякая система допускает естественную структуризацию. Так, в частности, не ясно, что считать элементами в системе «Живой организм». Элементами там могут быть клетка, орган, группа органов. Т.е. понятие элемента системы не вытекает автоматически из самого понятия системы, а определяется понятием структуры данной системы и целью, поставленной при анализе системы исследователем.

Можно повторить, что системы в примерах 8-11 заданы по функциональным признакам: система 8 – СОБЕС призвана осуществлять страхование, соц. обеспечение и др.; система 9 – ОС ЭВМ – по функции организации ресурсов ЭВМ для вычисления задач, система 10 – сердечно-сосудистая система - по функции снабжения всех тканей и клеток организма кислородом, водой и питательными веществами; система 11 – АСУТП – по функции автоматизированного учета, контроля и управления.

Каждая целенаправленная система характеризуется, с одной стороны, набором функций, выполняемых ею. А с другой стороны – теми органами, которые реализуют функции системы. Таким образом, функциональные и структурные описания систем дополняют друг друга.

Практически все проблемы, возникающие при анализе и синтезе систем, сводятся к двум:

1. Описание структуры системы и основных функциональных характеристик (структурный анализ),
2. Определение функций системы, заданных в соответствии с пространственными или структурными принципами (функциональный анализ)

Эти виды анализа являются частями так называемого системного анализа.

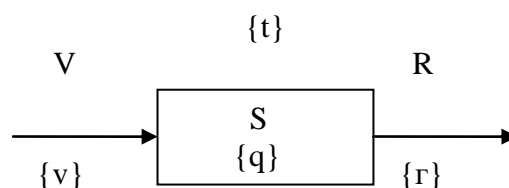
Можно сказать, что при функциональном анализе вся система рассматривается как один элемент. Функции этой системы определяются её взаимодействием с другими системами, внешними по отношению к данной. При структурном подходе, в котором основное внимание уделяется анализу элементов структуры и их организации посредством взаимосвязей, каждый элемент представляет собой систему, функции которой реализуются с помощью связей этого элемента с другими элементами. Следовательно, функциональное описание соответствует такому уровню рассмотрения системы, при котором теряются из виду детали её внутреннего устройства. При структурном подходе функциональный анализ не исключается – он применяется уже не ко всей системе, а к её части, играющей роль элемента.

1.4 Формализованные представления о системах.

Мы дали определение: система в терминах цепь, элемент, взаимодействие, а сейчас подойдём к системе с другой точки зрения.

Система S – объект, существующий во времени, подвергающийся внутренним и внешним воздействиям (или возмущениям), реагирующий на них изменениями своих состояний и обладающий способностью проявить в том или ином виде эти реакции.

Таким образом, система S определена, если заданы:



- а) – множество $\{t\}$ моментов времени t ;
- множество $\{v\}$ допустимых воздействий v ;
- множество $\{q\}$ возможных состояний q ;
- множество $\{r\}$ ожидаемых реакций r ;
- б) переходная функция, представленная теми состояниями $q \in \{q\}$, в которых оказывается система S в момент $t \in \{t\}$, если в начальный момент $t_0 \in \{t\}$ она была в состоянии $q_0 \in \{q\}$ и на неё действовало возмущение $v \in \{v\}$;
- в) отношение, связывающее в каждый момент $t \in \{t\}$ реакции $r \in \{r\}$ с состоянием $q \in \{q\}$.

Здесь взаимодействует понятие состояния, вводимое на интуитивном уровне и представленное с такой внутренней характеристикой системы, которая необходима для оценки её текущих и будущих реакций на предполагаемые воздействия.

Входные воздействия $v \in \{v\}$ могут быть названы управлениями, если они имеют своей целью изменять (преобразовывать) состояния q .

В случае, когда реакция системы на некоторое воздействие не зависит от момента его начала, можно говорить о стационарности системы (в противном случае имеет место нестационарность).

Если $\{t\}$ есть множество всех действительных чисел, то определяется система с непрерывным временем (или просто непрерывная S).

Если же $\{t\}$ есть множество целых чисел, то определяется система с дискретным временем (или дискретная S).

Например, итогом деятельности систем обработки данных на определённом интервале времени является информация, предполагаемая для того или иного руководителя и отвечающая принятым стандартам точности, оперативности качества информации.

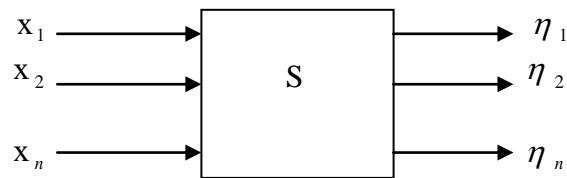
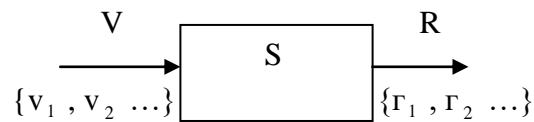
Информационные “единицы” (сводка, справки, возможности решений) представляют собой реакции $\{r\}$ системы на воздействия, образующих множеств $\{v\}$.

Очевидно, характер реакций обусловлен природой СОД, поэтому множество $\{r\}$ можно задать примерно и корректировать его по мере совершенствования технической базы СОД, методов руководства, отношений между системой и пользователем.

Необходимо заметить, что определение системы в терминах “воздействие”, “состояние”, “реакция” нисколько не противоречит определению, основанному на понятии “цепь”, “элементы”, “взаимодействие”.

Это следует из объективных соответствий между целевым предназначением создаваемых или изучаемых систем и характером допустимых воздействий на них, между представлениями об их целостности и возможностью менять состояния, между ожидаемыми реакциями и надлежащим внутренним устройством.

Графическое изображение:



Входные воздействия часто называют входом системы, точно также реакции – выходными реакциями или выходом (откликом) системы. Их количественные характеристики отождествляются с входными и выходными характеристиками. Такая терминология является общепринятой, её использование позволяет обнаружить в отдельных фактах закономерности поведения системы, найти способы управления ими, создать технические совершенные проекты.

Рассмотренное определение системы, объединяющее в себя три главных составляющих – вход, выход и состояние, поддерживает ещё одно важное свойство систем – их способность к контактам с внешним миром (окружающей средой).

От этого зависит многое:

- информационные обмены
- пополнение и расходование запасов энергии, жизнеобеспечения в широком смысле слова.

Система, взаимодействующая с внешней средой (природными источниками, техническими сооружениями, экономическими сообществами, социальными защитами, государственными учреждениями, коллективами, отдельными индивидуалами) является открытой, изоляция от внешней среды делает систему закрытой.

Главным следствием открытости становится возможность развития, совершенствования, роста эффективности системы.

Закрытость ведёт к истощению внутренних ресурсов и постепенной деградации.

С практической точки зрения ценность обсуждаемых вопросов состоит в том, что утверждается идея управляемости открытых систем со всеми её последствиями (автоматизация различных видов деятельности проникновения в малодоступные области окружающего пространства, разработка теоретических проблем системного анализа и т.п.)

Управлением называется специально организованное воздействие на систему, преследующее цель, достичь желаемых изменений её состояния (поведения) и получить за счёт этого нужные выходные реакции.

Примерами управления служат команды, передаваемые роботу манипуляции, сигналы тревоги, повороты штурвала корабля, директивные указания вышестоящих руководителей, меры экономического стимулирования производства.

1.5 Принципы кибернетики в системном анализе.

Принципы, о которых пойдёт речь, сложились в ходе развития кибернетики как науки и отражают реальности жизни систем, независимо от их происхождения и предназначения.

1. Принцип системных приоритетов.
2. Принцип обратной связи.
3. Принцип “чёрного ящика”.

Принцип системных приоритетов исходит из представления о той или иной системе как о целостном организме, не сводимом просто к объединению элементов, а проявляющем свои особенности и качества благодаря установленным межэлементным связям и взаимодействиям (эффект системности).

Во всех случаях приоритеты должны принадлежать исследованиям, разработкам, решениям, отражающим интересы в целом.

Указанный принцип известен не только как постулат системного анализа, но и как практическая рекомендация отказ от которого приводит к потерям, возрастающим с увеличением сложности изучаемых проблем.

Пример: Рассматривается система, объединяющая ЭВМ, обслуживающий персонал, программное обеспечение, ориентированное на внутри цеховые плановые расчёты.

На вход поступают данные о масштабах и характере производства.

На выходе должен появиться план загрузки оборудования по сменам и дням ближайшего месяца.

С поставленной задачей система справляется, тем самым гарантируется ритмичность выпуска продукции, эффективное использование станков, нормальные условия труда работников цеха.

Это окупает все расходы, связанные с функционированием системы (оплата обслуживающего персонала, потребляемой энергии, профилактических ремонтов, комплектующих изделий, вспомогательных материалов и т.д.) и позволяет иметь устойчивую прибыль.

В некоторый момент времени открывается возможность приобрести более производительную ЭВМ и принимается решение замены старой ЭВМ на новую. Другими словами приоритетным становится развитие одного из элементов системы, т.е. ЭВМ и вскоре может оказаться, что необходимы доработки программного обеспечения (иная ОС), переучивание персонала (иные требования к программной подготовке), поиска предприятий обслуживания (иные технические параметры) и другое.

В результате теряется время, превышаются намеченные затраты, уменьшается прибыль и, как следствие усиливается недоверие к принятым решениям. Естественным шагом, в этой ситуации является возврат к системным приоритетам, что должно привести либо к сохранению первоначальных условий работы цеха, либо к постановке вопроса о создании более совершенной дорогостоящей системы планирования, но уже на уровне предприятия.

Принцип обратной связи требует согласованности воздействий на систему и её реакции в целях более качественного функционирования этой системы.

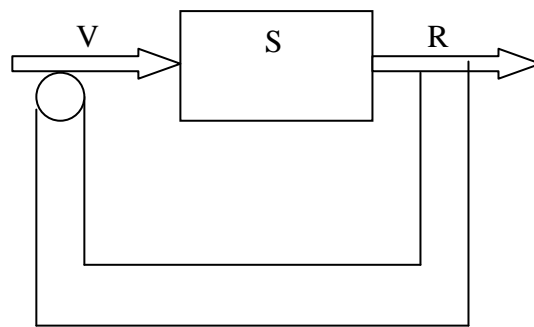
В общем смысле обратная связь есть средство сравнения выходных величин $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_i$ с входными величинами x_1, x_2, \dots, x_n позволяющие получить

управляющий сигнал и с его помощью привести $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_i$ к заданным значениям.

Примерами могут служить автоматические регуляторы скорости перемещения, температуры, давления и других физических параметров, характеризующих работу (лыжных механизмов, энергетических установок, технологического оборудования и т.п.).

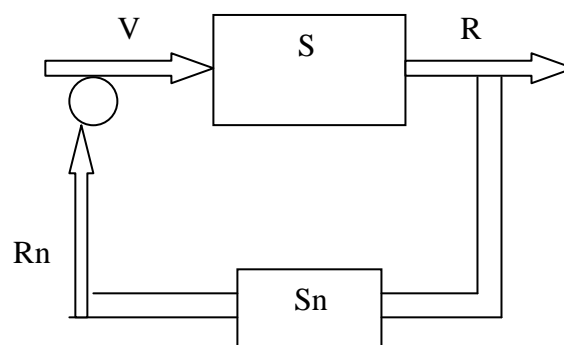
Таким образом, входные воздействия (и в первую очередь управления) должны формироваться с учётом того, что происходит на выходе системы.

Обратная связь имеет разные смысловые оттенки в зависимости от наличия (или отсутствия) преобразований, которым подвергается информация о выходных величинах $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_i$ (или сами реакции γ).



Если эта информация никак не преобразуется, то обратная связь называется жёсткой.

Если есть те или иные преобразования, то обратная связь называется гибкой. Причём преобразующее устройство (звено) вообще говоря, является некоторой системой S_n со своим входом R_n выходом R_n .

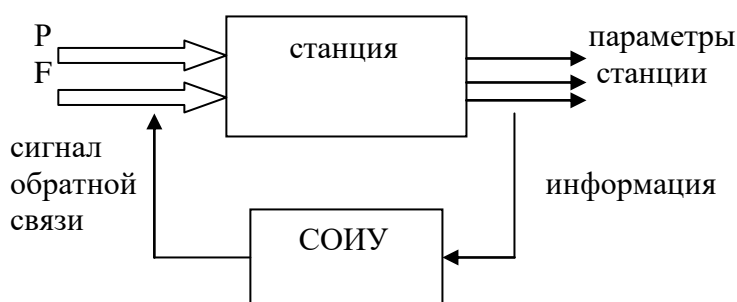


Многое здесь зависит от характера влияния обратной связи на воздействие V .

Если вызываемые изменения V увеличивают нежелательные отклонения R , то обратная связь называется положительной, если уменьшают – отрицательной. В зависимости от этого система S соответственно теряет или приобретает запас устойчивости, чем и определяется значение рассматриваемого принципа.

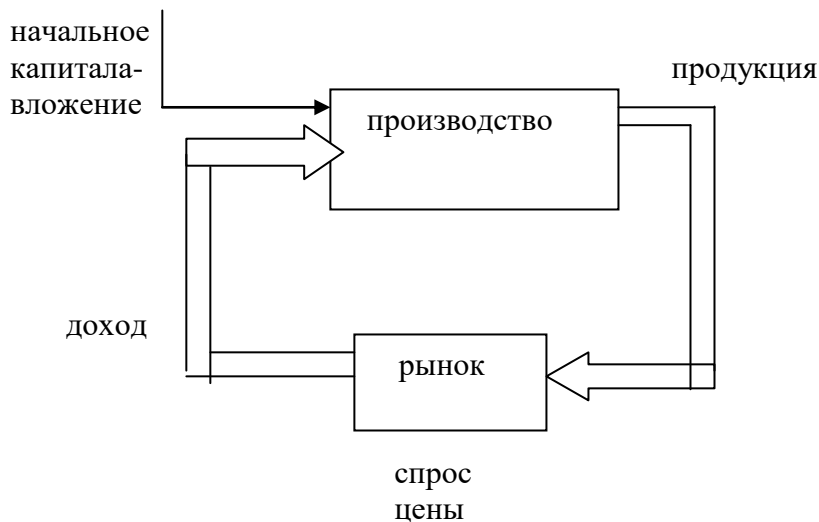
В системах с отрицательной обратной связью гарантирована компенсация произвольных возмущений, в частности непредвиденных, что весьма важно для тех видов практической деятельности, которые предполагают работу системы в необычных условиях (в космосе, в океане, зонах высокой радиации и др.). Всё это относится к системам любой природы и ещё раз подтверждает актуальность разработки единых подходов к решению существующих проблем.

Пример так орбитальная станция, совершающая полёт вокруг Земли и движущаяся под действием силы тяжести P может менять траекторию при включении специальных двигателей (газодинамических рулей), создающих дополнительные силовые воздействия.



Параметры траектории контролируются наземной системой обработки информации и управления, которая формирует сигнал обратной связи в случае необходимости (если замечены нежелательные отклонения параметров). Сигнал передаётся на базу станции, включаются на определённое время двигатели, и происходит требуемая коррекция движения.

Аналогично, проявляется обратная связь в системе реализации производством.



Продукция идёт на рынок и реализуется. Предприятие получает доход, направляемый на производственные нужды. С течением времени рынок насыщается, объём продаж падает, доход уменьшается, и приходится сокращать производство из-за нехватки средств.

Если такая тенденция устойчива, то предприятие может оказаться бесперспективным и должно перейти на выпуск новой продукции.

Если же произойдёт расширение рынка, то возникший спрос повысит цены, возрастет доход, увеличиваются капиталовложения и объёмы производства.

Очевидно, в примерах речь шла об отрицательной обратной связи, которая способствовала изменениям реакций рассмотренных систем в нужную сторону.

Положительная обратная связь (её действия являются дестабилизирующим) обычно возникает либо стихийно, либо злонамеренно, либо по незнанию.

Принцип чёрного ящика принадлежит к числу методологических принципов. Он помогает изучать поведение сложных и очень сложных систем без проникновения в их суть, без детального анализа их устройства, без применения каких-либо приёмов их разделения на части.

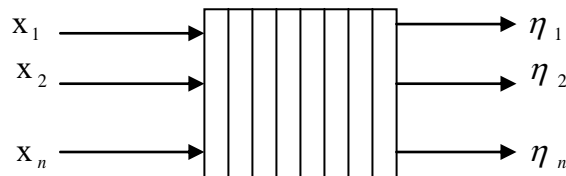
Главное и единственное, чем располагает исследователь в этих условиях, заключено в возможности наблюдать, сопоставлять, оценивать входные воздействия и реакции системы.

В основе этого принципа лежат почти очевидные утверждения, о том, что при своей внутренней сложности изучаемая система бывает простой во внешних проявлениях, в контактах с окружающей средой.

Хорошо известны трудности – знание организации системы не гарантирует, вообще говоря, правильной оценки её поведения в настоящем и будущем.

Пример ЭВМ. Конструкция одна и также, а поведение определяется заложенной программой. Человек (биологически все одинаковы, социально – нет).

Вывод. Любую сложную систему достаточно представлять комбинациями её входов и выходов, разделённых чем-то не вполне понятным, скрытым от посторонних наблюдений и называемым, поэтому, чёрным ящиком.



Понятие чёрного ящика стало своеобразным символом всего непознанного и даже таинственного, но открыто проявляющего себя во взаимодействиях с окружающей средой

Последнее обстоятельство активно используется в теории и практике управления для поиска эффективных средств манипулирования величинами x_1, x_2, \dots, x_n в стремлении достичь требуемые $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_i$.

1.6 Состав и структура системы. Способы описания структур.

Подходим к изучению структуры систем. Structura – строение, расположение, порядок.

Общие законы поведения, взаимодействия, самоорганизации, проявляющиеся в системах, могут рассматриваться, как своеобразные условия их жизнеспособности. Эти условия вполне согласуются с представлениями о целостности, завершённости и даже некоторой обособленности каждой системы, однако не дают ответа на вопрос, за счёт чего достигаются её желаемые качества.

Нетрудно предположить, что многое тут зависит от понимания причинно-следственных связей и отношений между материальными объектами внутри системы, т.е. от более детального изучения состава элементов, входящих в ту или иную систему и формирующих её структуру (от латинского: *structura* – строение, расположение, порядок).

Понятия состава и структуры указывают на возможность расчленения (декомпозиции) данной системы на составные части, причём во многих случаях существуют разные способы отделения таких частей.

Элементом обычно называют то, что уже не может или не должно быть разделено (например, диск колеса автомобиля, ЭЛТ TV, документ финансовой отчётности и т.д.).

Целесообразное объединение двух и более (но не всех) элементов представляет собой **подсистему**, выполняющую определённые функции (колесо в сборке, раздел отчётности, звуковой тракт видеоприёмника и т. д.).

Таким образом, перечень самостоятельных элементов подсистем характеризует ***состав систем***.

Известная условность этих познаний и взглядов, выраженная в отсутствии единых правил, которые помогли бы задать элементы и связать их в какую-либо подсистему, открывает путь неоднозначным оценкам состава одних и тех же систем.

Пример. Так одинаково верны утверждения:

- 1) НИИ состоит из научных производственных, административно-хозяйственных подразделений.
- 2) НИИ состоит из научных отделов, вычислительного центра, опытного производства, администрации и хозяйственных служб.

Никаких опасностей подобные выводы в себе не содержат, они лишь отрицают внимание на необходимость продуманного и взвешенного подхода к

выбору того, что будет считаться элементом и подсистемой в конкретных ситуациях.

Декомпозиция любой системы позволяет также выявить отношения, в которых находятся взаимодействующие подсистемы и элементы.

Без этого нельзя говорить о принципах функционирования, оценки надежности, ремонтпригодности, живучести и других полезных качествах, обеспечивающих эффект системности.

Совокупность отношений, заданных на множестве подсистем и элементов, образующих некоторую систему, называется **структурой** этой системы.

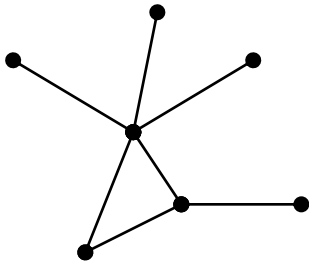
Наличие структуры обеспечивает целостность объекта, способствует сохранению его основных свойств, когда имеются различные внешние и внутренние изменения.

Из-за отмеченных выше смысловых и терминологических неоднозначностей (подсистема есть «укрупненный элемент» и т. п.) формирование структур происходит в основном умозрительно, без каких-либо точных расчетов, хотя попытки формализации соответствующих задач предпринимаются постоянно.

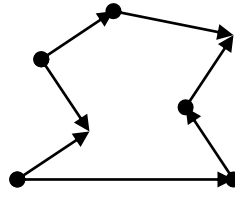
Следовательно, одну и ту же систему можно представить различными структурами, необходимый выбор которых согласуется с содержанием исследований, проводимых в том или ином случае.

Способы описания структур.

Распространенный способ описания структур – условное графическое изображение, в котором элементы и подсистемы обозначаются либо точками, либо кружочками, либо прямоугольниками, а связи между ними – прямыми или дугообразными линиями. Такое изображение даёт наглядное представление всей совокупности элементов и связей и называется **структурной схемой системы**.



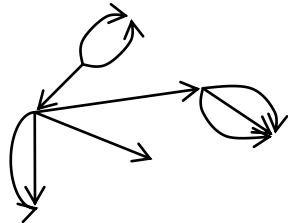
а)



б)

Граф называется **ориентированным**, если каждая дуга имеет начало и конец (рис.б), т.е. изображается в виде стрелки.

Любые две вершины, соединённые дугой, называются **смежными**. Если окажется, что хотя бы одна пара смежных вершин соединяется несколькими дугами, то образуется **мультиграф** (рис.в).



в)

Высокая степень обобщений способствовала ускоренному развитию теории графов в последние десятилетия.

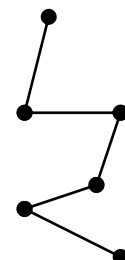
Сформулированные его понятия и методы дали возможность исследовать системы различной структуры независимо от природы входящих в них элементов. Это, в свою очередь, позволило выявить и наглядно отразить причинно-следственные связи между названными элементами, их характеристиками, параметрами различных процессов, что в большинстве случаев и составляет предмет исследования.

Графическое представление структур универсально по своим изобразительным возможностям и разнообразию.

Вместе с тем, накопленный практический опыт указывает на распространенность ряда типичных вариантов структуры, сложившихся естественным путем или периодически воссоздаваемых искусственно.

Сюда относятся:

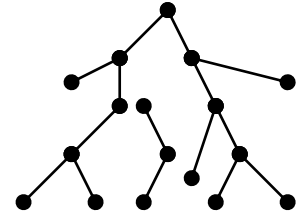
а) Линейная структура со строго



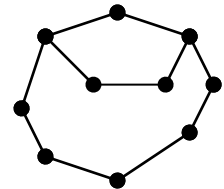
упорядоченным подчинением одних элементов другим.

Например, формирования армейского типа.

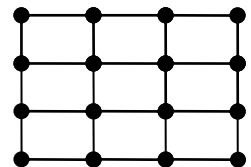
- б) Древовидная (ветвящаяся) структура как объединение многих линейных подструктур. Она характерна для общественно-политических организаций, строительных конструкций и прочих иерархических систем с многоуровневой подчинённостью.



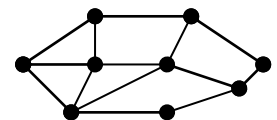
- с) Кольцевая (циклическая) с замкнутыми контурами в соответствующих графах (присуща любым системам с обратной связью, сложным химическим соединениям).



- д) Матричная с геометрически правильным пространственным расположением элементов и их способностью реагировать лишь на определённые сочетания внешних воздействий или запросов (ОЗУ, таблицы).



- е) Сетевая структура с многочисленными межэлементными связями зачастую дублированная образующими неповторяемые (сети ЭВМ, дорожная сеть, сети связи).



Можно лишь заметить, что одни структуры являются обобщением других или включают их в себя, приобретая тем самым определённое своеобразие и новые качества.

Очевидно, границы между приведёнными разновидностями структур довольно размыты и установлены скорее на основе зрительного восприятия, чем научного анализа.

В некоторых случаях удаётся сравнительно просто задать отношения между элементами исследуемой или проектируемой системы, и тогда упрощаются способы описания структур.

Графические способы представления могут быть дополнены **табличным** способом, отражающим в числовой форме все учитываемые взаимосвязи.

	Предприятия					
	I	II	III	IV	V	VI
I	1	0	1	0	0	1
II	0	1	0	1	1	0
III	1	0	1	0	1	0
IV	0	1	0	1	0	0
V	0	1	1	0	1	1
VI	1	1	0	1	1	1

Пример. Пусть 6 предприятий участвуют в разработке крупного технического проекта. Каждое предприятие выполняет только свойственные ему функции, и проект будет создан лишь при условии надлежащего взаимодействия между участниками работы, т.е. при условии их объединения в систему. Если i -тое предприятие сотрудничает с j -тым предприятием, то между ними устанавливаются деловые отношения, и этот факт обозначается

“1”, если нет, то “0”.

В результате структура системы определяется **матрицей инцидентов** (совпадений).

Не смотря на внешнюю простоту ситуации, графовое представление данной структуры менее наглядно (довольно много пересекающихся дуг) и уже это одно оправдывает обращение к матричной форме записи необходимых сведений.

В более сложных случаях **матрицы инцидентии** оказываются более информативными.

Таким образом, понятие структуры приближает исследователя к понятию проблемы сложности систем во всей её неоднозначности (а иногда и противоречивости). Проявления сложности многогранны и могут

анализироваться с различных позиций, отражающих и целевое предназначение системы, и её поведение, и управляемость, и пространственно-временные масштабы, и разветвлённость внутрисистемных связей и отношений с внешней средой.

1.7 Целевое предназначение и эффективность систем

На весь жизненный цикл систем, включая их создание, функционирование и разрушение, существенно влияют те цели, для достижения которых предназначено каждая конкретная система.

Вне целей нет системы, так как исчезают ориентации и мотивации поведения, структурирования, управления.

Любая цель объективно становится главным системообразующим фактором независимо от истоков, которыми могут быть чья-то воля, вынужденные ситуации, эволюционные процессы и т.п.

Например: Целевая установка на усвоение космоса становится решающим фактором для разработки ракетных систем, околоземных и межпланетных станций. Точно также опасность наводнений в каком-либо регионе порождает цель предотвращения их последствий путём строительства плотин и водохранилищ.

Под влиянием целей формируются структуры, поведение, обратные связи и другие атрибуты систем, согласованные друг с другом, и, в конечном счёте всё это концентрируется и обобщается в понятии эффективности (от лат. Effectus-исполнение, действие).

Эффективность определяется как степень соответствия системы своему целевому предназначению или как мера способности системы исполнить это предназначение.

Введённое понятие играет важную роль в системном анализе благодаря открывающимся возможностям оценке систем, выбора среди них лучших в том

или ином смысле, экономии средств на разработках, правильного понимания перспектив, своевременных пересмотра принимаемых решений.

Всё это требует уточнения критериев эффективности, определяющих практически все действия исследователей, разработчиков, пользователей той или иной системы.

Критерием эффективности называется показатель, по которому оцениваются решения, предложенные в процессе проектирования технической системы, проверяемые в ходе её испытаний и последующей эксплуатации.

Критерий лежит в основе количественных измерений эффективности, подчёркивает главные стороны жизнедеятельности системы (искусственных и естественных систем). Выбор критерия эквивалентен формулированию цели (основной задачи) или как минимум связан с ней.

Основные требования и критерии

Критерий должен:

- соответствовать смыслу, который вкладывается в понятие эффективность
- иметь количественное выражение, т.е. исчисляться в каких-либо единицах, по возможности точно и быстро
- обеспечивать простоту анализа результатов вычислений и их физическую интерпретацию

Отсюда следует, что эффективность одних и тех же систем может оцениваться разными критериями (т.е. с разных точек зрения), поэтому всегда нужно выяснять те свойства и особенности системы, которые представляют первоочерёдный интерес.

Пример: СОД, представляемая дирекцией завода для принятия решений, касающихся состояния производства.

СОД – это ВЦ, работа которого характеризуется временем подготовки необходимой информации, её качеством, удобством восприятия (отображение на экране, твёрдые копии, табулирование результатов, построение графиков).

Если всё это имеет место, то СОД можно признать эффективной с точки зрения предлагаемых информационных услуг. Если же иметь ввиду не только уровень обеспечённости дирекции нужными данными, но и результаты их использования. Критериями становится либо размер прибыли, либо производительность труда. Следует заметить, что выбор критериев всегда объективно затруднён (даже и в несложных системах) возможной многовариантностью и практически отсутствием формальной основы (нет правила выбора, есть лишь путь всестороннего обсуждения изучаемых вопросов). Каждая система может оцениваться либо единственным критерием, подчёркивающим главную её особенность, либо многими разнозначными критериями, отражающими ряд полярных свойств этой системы.

Для систем, включающих в себя многие элементы и подсистемы, характерно существование локальных критериев.

Выполняя свою специфику различные объекты должны быть эффективными в том смысле, который определён структурой всей системы.

1.8 Классификация информационных систем

Основным результатом научно-технического процесса является рост эффективности общественного производства.

Это обеспечивается за счёт двух направлений:

- 1) Совершенствование оборудования и технологий
- 2) Улучшение организации производства

Оба эти направления находят своё воплощение при создании современных информационных систем (ИС).

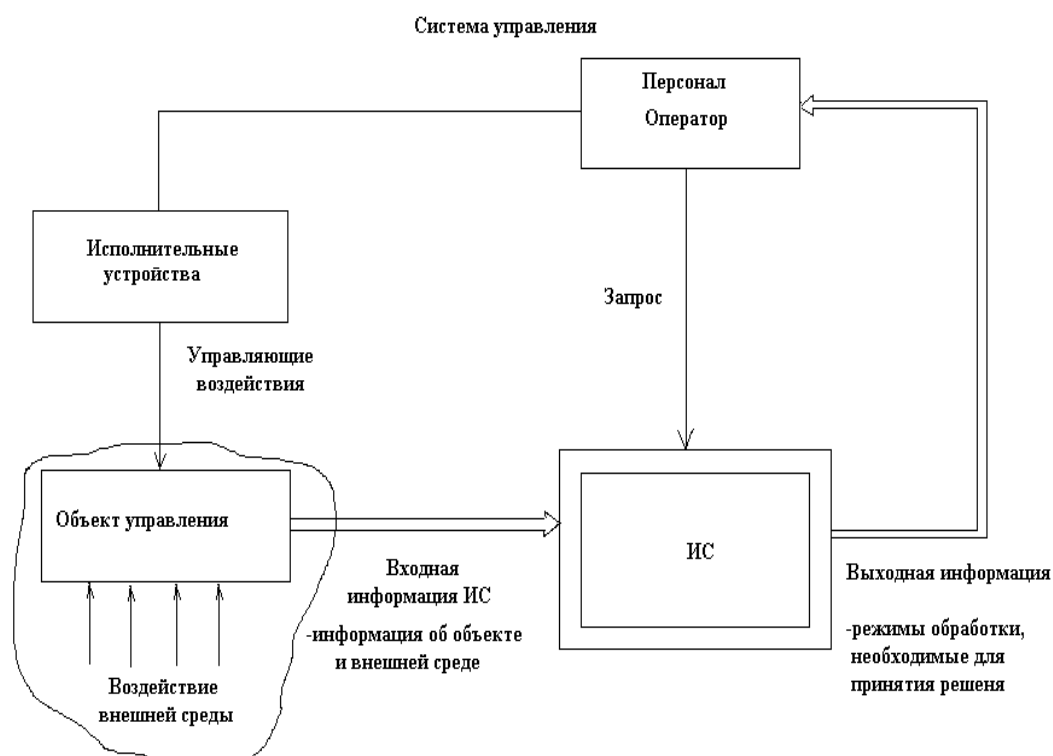
ИС – это комплекс аппаратно-промышленных средств сбора, передачи, хранения, обработки и представления информации.

Внедрение ИС имеет цель повысить эффективность технологических, производственных и экономико-организационных процессов в тех системах, в рамках которых функционирует ИС.

Множество ИС можно разделить на две категории:

- автоматические ИС (без участия человека)
- автоматизированные ИС (с участием человека)

Первые ИС применяются для управления относительно простыми процессами и объектами. Вторые ИС – более сложные процессы и объекты (энергосистемы, промышленные и торговые предприятия, требующие участия человека - АСУ)



Общая схема автоматизированных ИС

Для принятия решения и выдачи управляющих сигналов человек должен располагать информацией о прошлом, настоящем и (прогнозируемом) будущем состоянии управляемых объектов. Возрастает роль ИС во всех сферах деятельности человека, увеличение количества ИС ставит свои задачи систематизации ИС, применение оптимальных методов сбора, передачи, обработки и представления информации, поиск эффективных критериев оценки функционирования ИС.

Основные типы ИС

Специфика задач, для решения которых создаётся ИС, определяет способы функционирования, особенности программного и информационного обеспечения.

Выделяют основные типы ИС:

- 1) учётно-расчётные
- 2) запросно-справочные
- 3) технологические
- 4) проектно-конструкторские
- 5) коллективного пользования

Учётно-расчётные ИС

ИС данного типа используются в учётно-плановых АСУ предприятий, организаций и отраслей и характеризуются большими объёмами ввода-вывода при относительно несложных вычислениях (за исключением оптимизационных расчётов).

ИС для проведения научных и инженерных расчётов характеризуются большим объёмом вычислений при относительно малом объёме ввода-вывода.

Запросно-справочные ИС

Ввод данных – немедленный.

Обработка данных – простая.

Время ответа определяется удобством пользователя.

Примеры – системы массового обслуживания продажи билетов «Сирень», «Экспресс».

Особенности – использование данных многими рассредоточенными пользователями. Запуск задачи осуществляется на основании запросов с использованием специального информационно-поискового (проблемно-ориентированного) языка.

Технологические ИС

Ввод немедленный.

Обработка данных - фиксированный перечень задач.

Время ответа – жёстко регламентировано динамикой управляемости объекта.

Примеры: контроль и управление аэрокосмическими объектами, ядерными и химическими реакциями АСИТП в промышленности.

Проектно-конструкторские ИС

Ввод немедленный.

Обработка данных – задачи отличаются значительной сложностью, решение которых носит многоэтапный диалоговый характер.

Объём выходных характеристик относительно небольшой.

Время отклика определяется психологическими условиями ведения диалога пользователя с ИС.

Примеры: САПР, системы отладки программ, перевод текстов, проведение деловых игр.

ИС коллективного пользования

Представляет собой композицию нескольких ИС, сочетающих в себе их свойства.

Примеры: АСУ производственных объединений на транспорте, многоуровневые системы управления

Кроме классификации по типам информационные системы классифицируются по разным признакам:

I. По масштабу:

- одиночные, корпоративные, групповые;

II. По сфере применения:

Системы обработки транзакций

- оперативная обработка транзакций
- пакетная обработка транзакций

Системы поддержки принятия решений:

- Оперативная аналитическая обработка
- экспертные системы

Информационно-справочные системы:

- системы электронной документации
- ГИС
- гипертекстовые системы

Офисные ИС:

- документальные системы
- автоматизация делопроизводства
- управление документооборотом

III. По способу организации

- на основе архитектуры файл-сервер
- на основе архитектуры клиент-сервер
- на основе многоуровневой архитектуры
- на основе технологий Internet/Интернет

Контрольные вопросы:

1. Назовите основоположника общей теории систем.
2. Дайте определение системы.
3. Приведите примеры систем существовавших по пространственному признаку.

4. Приведите примеры систем, сформулированных по функциональному признаку.
5. Что такое информационная система?
6. Основные типы ИС.
7. Какая особенность характерна для АСУТП (технологическая ИС).
8. Достоинства и недостатки иерархических ИС.
9. Дайте определение термина «информация».
10. Назовите основные виды информации.
11. Назовите основные формы информации.
12. Представьте параметрическую информацию в графическом виде.
13. Дайте понятие структуры информации.
14. Основные виды декомпозиции информации.
15. Что такое генерализованная информация?
16. Назовите фазы и этапы обогащения информации.
17. Основные фазы обращения информации
18. Что должно быть задано для описания системы?
19. Дайте графическое изображение системы.
20. Назовите основные принципы кибернетики в системном анализе.
21. Раскройте содержание принципа системных приоритетов.
22. Дайте понятие принципа обратной связи.
23. Поясните отличительные особенности отрицательной и положительной связи системы.
24. Что такое жесткая и гибкая обратная связь?
25. Приведите примеры систем с обратной связью
26. Поясните принцип черного ящика.
27. Дайте понятие структуры системы.
28. Что такое элемент системы?

29. Назовите основные элементы состава систем.
30. Дайте определение декомпозиции системы.
31. Что такое граф?
32. Назовите основные виды графов.
33. Приведите примеры основных вариантов структур.
34. Когда целесообразно использовать матричную структуру системы?

Глава 2

Базовые информационные процессы. Их характеристики и модели

Информационные технологии основаны на реализации информационных процессов, разнообразие которых требует выделения базовых. К ним можно отнести извлечение, транспортирование, обработку, хранение. Представление и использование информации. На логическом уровне должны быть построены математические модели, обеспечивающие параметрическую и критериальную совместимость информационных процессов в системе информационных технологий.

2.1 Извлечение (восприятие) информации

При извлечении (получении) информации важное место занимают различные формы и методы исследования данных:

- Поиск ассоциаций. Связанных с привязкой к какому-либо событию;
- Обнаружение последовательностей событий во времени;
- Выявление закономерностей;
- Оценка важности параметров;
- Распознавание (обнаружение);
- Группирование объектов по каким-либо признакам;
- Прогнозирование событий и ситуаций.

Основные формы и методы получения (восприятия) информации

Восприятием (получением) называется процесс целенаправленного извлечения и анализа информации в каком-либо объекте или процессе.

Простейшим видом восприятия (получения) является различение двух противоположных состояний «да» и «нет» (двух альтернативных ситуаций).

Более сложным видом получения (восприятия) является измерение, т.е. определение значений некоторых наблюдаемых величин в статике или в их изменении во времени или пространстве.

Далее следуют еще более сложные процессы поиска, анализа, оценки обстановки, предсказание событий и состояний, распознавание объектов, фактов, ситуаций, состояний и понятий.

Систематизируя наиболее важные виды восприятия информации, их можно расположить в таком порядке:

1. первичное получение (восприятие) информации и измерение величин
2. анализ
3. обнаружение и распознавание
4. прогнозирование ситуаций

Вместе с тем, в теории и практике восприятия получают применение разнообразные практические и теоретические приемы:

- аналитические,
- статистические,
- логические,
- эвристические и другие.

Операционная схема процедуры восприятия (получения) информации

Задача восприятия имеет две стороны. Первая состоит в нахождении параметров, содержащих информацию и признаков состояния источника информации.

Эта часть задачи решается на основании изучения свойств источника информации и установления связей информационных параметров с его состояниями.

Вторая сторона задачи заключается в определении настоящего, прошлого и будущего состояния источника информации. Она решается рядом последовательных функциональных операций.

Первой операцией в большинстве случаев служит измерительное преобразование, цель которого состоит в представлении величин параметров в некоторой унифицированной форме, более удобной для дальнейшей обработки (угловое или линейное перемещение, время между импульсами, унифицированный электрический сигнал).

Вторая операция зависит от цели восприятия.

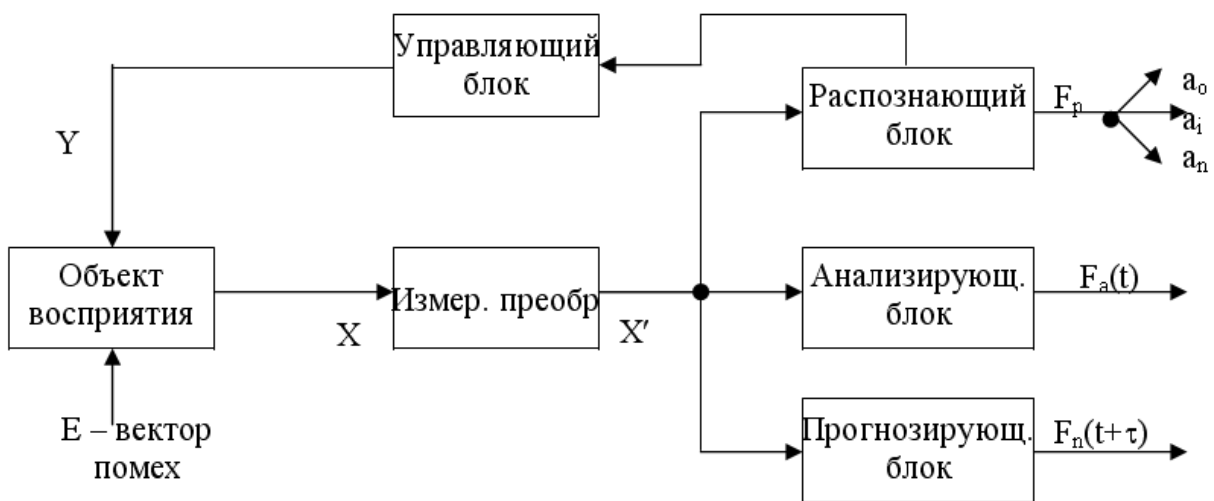


Рис. Операционная схема процедуры восприятия

Простейшее определение состояния производится логическим распознающим устройством.

X – вектор параметров источника информации (объекта восприятия)

X' – вектор параметров, полученных в процессе измерительного преобразования

E – вектор помех

Y – вектор стимулирующих (управляющих) сигналов

Определение состояния не всегда можно или целесообразно производить за один шаг. Часто более экономичным и эффективным оказывается целенаправленное возбуждение источника информации по частям путем подачи

на него стимулирующих воздействий и проведение последовательной серии экспериментов.

Выходными параметрами блока распознавания являются: отображение вектора состояний $F_p \equiv (a_0, \dots, a_n)$.

Более глубокие свойства источника, например, статистические, выявляются анализатором.

Выходными параметрами анализатора является обобщенная характеристика $F_a(t)$, полученная в процессе анализа.

Для предсказания поведения источника используется экстраполятор, учитывающий результаты временного, статистического и других видов анализа.

Выходными параметрами блока прогнозирования может быть обобщенная прогнозирующая характеристика $F_n(t+\tau)$, где $\tau > 0$ – время прогноза.

Связь источника информации с устройством восприятия осуществляется посредством сигналов, представляемых с помощью средств связи и телевидения, радиолокационных и телеметрических сигналов, читающих и вычислительных машин, датчиков и первичных преобразующих приборов.

В автоматических системах основное значение имеет получение информации с помощью датчиков.

Критерием качества (эффективности) восприятия может служить стоимость процедуры восприятия им количества полученной информации. Требование – обеспечение малой вероятности ошибки или заданного времени восприятия. Все это связано с определенными ограничениями восприятия:

- техническая доступность параметров
- стоимость необходимого оборудования
- быстродействие технических средств

Анализ информации при восприятии

Как уже отмечалось, восприятием (получением) называется процесс целенаправленного извлечения и анализа информации о каком-либо объекте или процессе.

Так, например, в первичном восприятии и измерении величин можно выделить задачи поиска, локализации, избирания информации.

Далее следуют более сложные процессы анализа, который, охватывает процессы, явления, поля, вещества. Анализ может иметь характер дисперсионного, корреляционного, регрессивного, спектрального, а также анализа распределений и т.п.

К обнаружению и распознаванию относятся: различение элементарных событий (контроль), распознавание состояний объектов (диагностика), проверка объектов, распознавание образов.

Прогнозирование ситуаций – предсказание событий и состояний. В различных способах восприятия есть много общих сторон. В частности, следует отметить единство методов обнаружения, измерения и распознавания, когда процедура в основном сводится к установлению некоторых эталонов, получению внешней информации и к сравнению информации с эталоном, причем результат сравнения оценивается на основании какого-либо критерия.

Анализ и анализаторы

Все автоматические анализаторы характеризуются тем, что получают – по нескольким координатам. При двух координатах первой является шкала анализа, т.е. признак, по которому производится разделение сложного состава сложного состояния или сложного процесса;

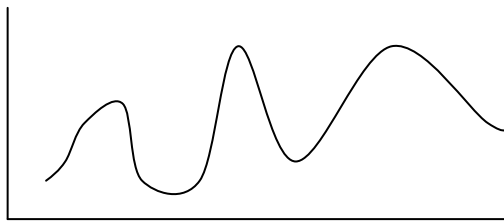
Вторая координата используется для количественной оценки каждого выделенного компонента.

Если, кроме того, необходимо выражение результатов анализа во времени и по множеству объектов, то соответственно добавляется 3 и 4 –ая координаты. В анализаторе веществ качество или сорт вещества является признаком разделения, а признаком измерения – количество вещества каждого сорта.

В анализаторах колебаний и анализаторах спектра случайных процессов признаком разделения является частота колебаний (длина волны), а признаком измерения – амплитуда или средняя мощность каждой гармонической составляющей сложного колебательного процесса.

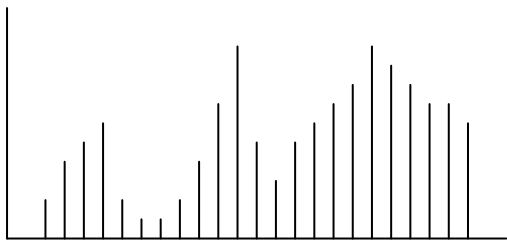
В анализаторах полей признаком разделения является местоположение элементарных участков (точек) данного физического поля, а признаком измерения – значение параметров поля в каждой точке.

Состав сложного вещества может быть представлен графиками

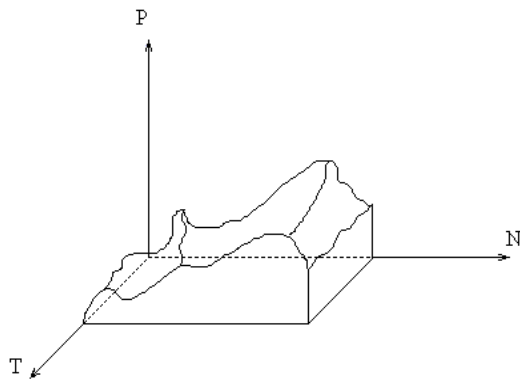


N – шкала качества (сорт) составных частей по выбранному признаку разделения N.

P – шкала количества каждой составной части P



При бесконечно большом числе составных частей и признаков шкала качества непрерывна и анализатор может представлять собой непрерывную систему.



При конечном числе составных частей и признаков шкала качества дискретна и соответствующий анализатор является дискретной системой.

В тех случаях, когда необходимо производить анализ во времени, добавляется третья ось (времени T) и изображение

становится трехмерным.

Автоматические анализаторы веществ, колебаний и одномерных полей содержат, по крайней мере, по два исполнительных преобразователя, из которых один служит для выполнения операций разделения, а второй – для выполнения операций измерения. Соответственно этому в регистрирующих приборах существует по два движения: первое в направлении шкалы признаков разделения и второе в направлении шкалы признаков измерения.

В анализаторах двухмерных и трехмерных физических полей количество исполнительных преобразователей и движений регистрации увеличивается.

Измерители представляют собой датчики или чувствительные элементы, от которых могут работать исполнительные преобразователи регистрирующих узлов анализаторов.

Особое место занимают анализаторы случайных процессов для получения статистических характеристик источника. Эти характеристики помогают понять сущность наблюдаемых явлений, выявить причинно-следственные связи, прогнозировать поведение источника, облегчать восприятие информации человеком.

Для случайных процессов такими характеристиками являются функции распределения, моменты различных порядков, функции коопеляции, энергетический спектр и др.

Принципы анализаторов.

В термических анализаторах используются свойства поглощения или выделения тепла составными частями сложного вещества в характерных для них точках термического превращения. Такой метод называется термическим или термографическим.

В масс-спектральных анализаторах используются различия в массах атомов и молекул составных частей сложного вещества.

В оптических анализаторах используются свойства излучения,

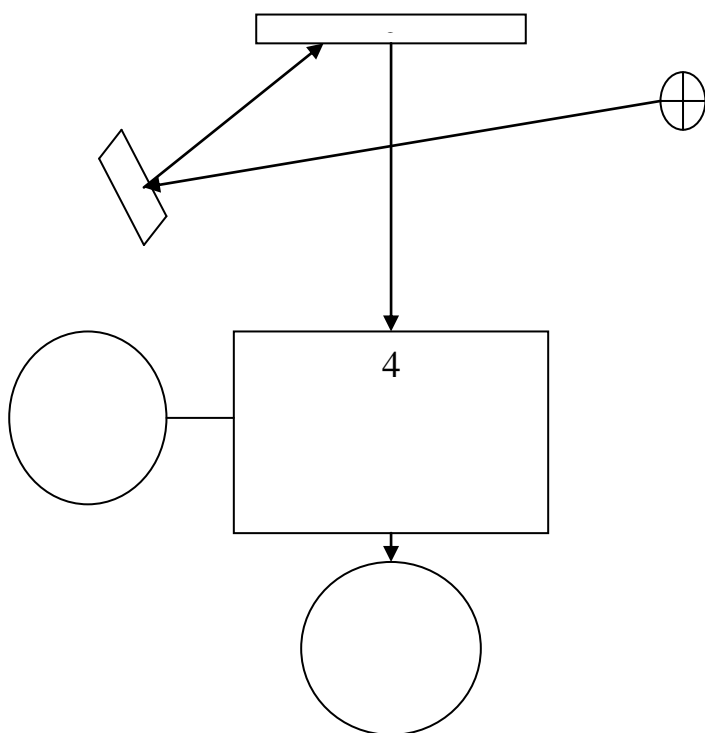
поглощения, преломления, и отражения насыщения, электромагнитных колебаний световой и сверхвысокочастотной области отдельными составными частями сложного вещества.

Существует ряд оптических методов анализа:

- спектральный;
- рентгеновский;
- микроволновый;

В акустических анализаторах используются различия в скорости

распространения ультразвуковых колебаний: в разных составных частях сложного вещества.



В электрических анализаторах

используют свойства

электропроводности,

электризации или электролитического

восстановления, различающиеся в

различных составных частях сложного вещества.

Схема спектрального анализа.

1 – электрическая дуга, - -

В – анализируемое вещество,

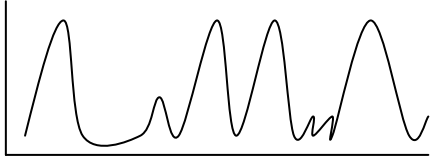
Зеркало -

2 – дифракционная решетка (анализатор) она развивает сложные излучения в спектр света, сектор 3, причем длина дуги сектора в масштабе представляет шкалу длин волн λ .

4 – измерительным (чувствительным) элементом служит фотозадающий элемент (ФЭУ) от которого ток, характеризующий интенсивность спектральных линий J , подается на исполнительный преобразователь $\Pi_c (J)$.

На выходе этого преобразователя получаются движения соответствующая J интенсивности и следовательно, количеству каждой составляющей части анализируемого вещества.

Эти движения можно использовать для перемещения дуга



Развертки по фокальной дуге производится двигателем $\Pi_p (\lambda)$

Анализатор звуковых колебаний

Задача анализа сложного колебательного процесса сводится к измерению амплитуды колебаний для каждой частоты составляющей. W_s – смежные колебания преобразуются при помощи R в электрические (-) колебания.

Они смешиваются в Σ - схеме с эталонными (несущими) колебаниями W_k , частота которых может меняться с помощью привода $\Pi_p (W)$.

$e = R \cdot i$, – падение напряжения e на R - зависит от величины сопротивления и тока i сопротивление R меняется в соответствии с Σ - звуковыми колебаниями W_s . Ток из звукового генератора изменяется по синусоидальному закону.

$i = J_m \sin \omega_k t$, J – мах значение амплитуды тока,

ω_k – частота тока при данной Σ ,

t – время.

Сопротивление R - изменяется от какой-либо гармонической составляющей сложного колебания также по синусоидальному закону:

$R = R_0 + R_m \cdot \sin \omega_m t$ R_0 – неизменяющаяся часть (-),
 R_m – мах значение изменяющейся части,
 W_m – частота простого выделяемого колебания,
 t – время.

При одновременном действии W_k и W_m будет происходить амплитудная

$$e = (R_0 + R_m \sin \omega_m t) \cdot J_m \sin \omega_k t,$$

$$e = R_0 \cdot J_m \sin \omega_k t + \frac{R_m \cdot J_m}{2} \cdot \cos(\omega_m - \omega_k)t - \frac{R_m \cdot J_m}{2} \cdot \cos(\omega_m + \omega_k)t,$$

модуляция напряжения e на микрофоне:

Отсюда видно, что колебания будут складываться из несущих колебаний W_k и колебаний верхней ($W_m + W_k$) и нижней ($W_m - W_k$) боковых частей.

В диагональ моста имеется фильтр L, C , который выпускает к – П (I) только ток очень малой частоты, порядке единиц - , т.е. он будет измерять составляющую

$$e' = \frac{R_m \cdot J_m}{2} \cdot \cos(\omega_m - \omega_k)t,$$

напряжения, имеющую частоту $W_m - W_k$

причем W_k должен быть близкой к W_m , с тем чтобы разность несет $W_m - W_k$ составляла единицы -.

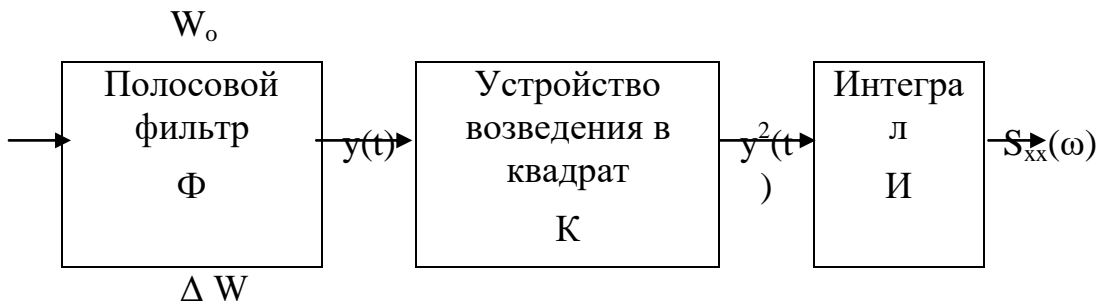
прибор П (I) показывает амплитуду выражений части сложного колебания, характеризующейся частотой W_m .

Если плавно изменять частоту W_k , то будут выявлены все составные части сложного колебания $W_s, W_1, \dots, W_m, W_n$ путем последовательного получения колебаний с малыми разностными частями $W_m - W_k$.

С точки зрения математики это отыскание коэффициента ряда Фурье, в который разлагается сложный колебательный процесс. Значения коэффициента соответствуют интенсивности звука в точке -

Анализаторы спектра случайных процессов.

Для получения энергетического спектра случайных процессов применяются анализаторы с узкополосными фильтрами и анализаторы с –



$$S_{xx}(\omega_0) = \frac{1}{C_\phi} \cdot \frac{1}{T} \cdot \int_0^T y^2(t) dt,$$

W_0 – частота – фильтра,

C_ϕ – постоянная величина для данного фильтра,

ΔW – полоса пропускания узкополосного фильтра,

$y(t)$ – фильтра

Особое место занимают анализаторы случайных процессов для получения систематических характеристик источника –

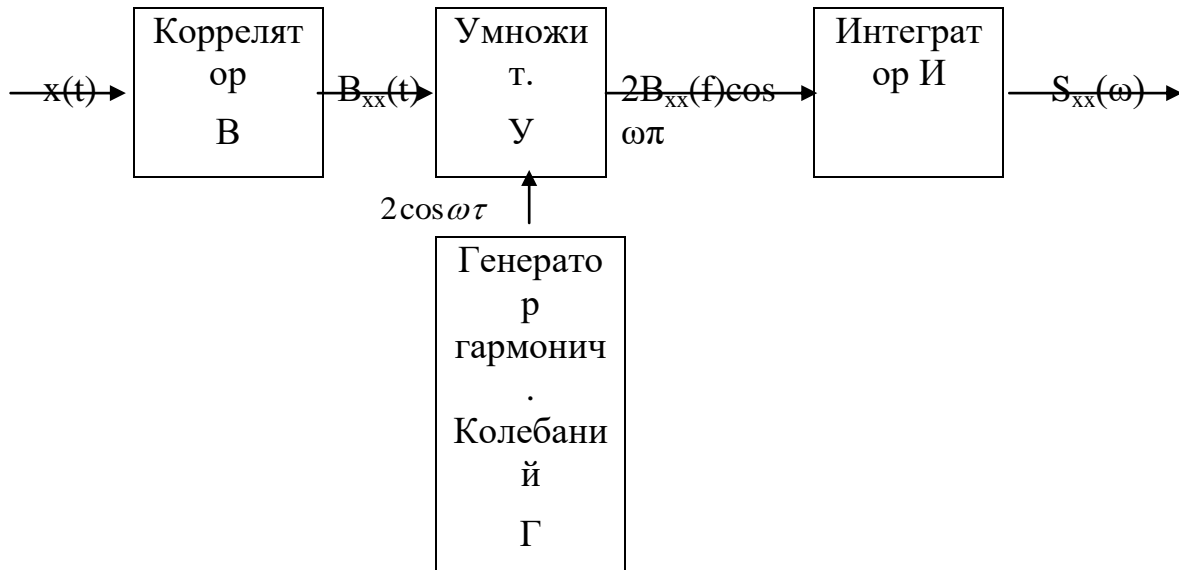
Эти характеристики позволяют понять сущность наблюдаемых движений, выявить причинно-следственные связи, прогнозировать поведение источника, облегчают восприятие информации человеком.

Для случайных процессов такими характеристиками являются функции распределения момента различных порядков, функции корреляции.

Энергетический спектр.

Для построения полной спектральной функции $S_{xx}(\omega)$ применяются многоканальные анализаторы, содержащие набор фильтров, настроенных на разные частоты или один настраиваемый фильтр, обеспечивающий последовательный сдвиг спектра $S_{xx}(\omega)$.

Анализатор энергетического спектра с коррелятором.



$$S_{xx}(\omega) = 2 \cdot \int_0^T B_{xx}(t) \cos \omega \pi t \, dt,$$

Здесь определяется энергетический спектр по предварительно вычисленной корреляционной функции.

Прямой путь расчета взаимной корреляционной функции $B_{xy}(\tau)$ или автокорреляционной функции $B_{xx}(\tau)$ состоит в приближенном интегрировании двух случайных функций:

$$B_{xy}(\tau) \approx \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot y(t + \tau) dt,$$

При $Y = X$ получаем $B_{xx}(\tau)$,

В случае использования дискретной техники интегрирования заменяется суммированием:

$$B_{xy}(\tau) \approx \frac{1}{N} \sum x_1^i y_2^i,$$

где x_1^i – значение i -го дискретного отчета функции $x(t)$,

y_2^i – значение i -го отчета сдвинутой на τ функции $y(t + \tau)$,

N – число отчетов.

Определение корреляционных функций по этим формулам осуществляется схемами, содержащими блоки умножения. В последнее время нашли применение способы, позволяющие свести вычисления только к операциям суммирования и в

Первичное получение (восприятие)

Восприятие информации от объектов осуществляется с помощью датчиков. Датчики называют также чувствительными элементами или рецепторами. В большинстве случаев датчики выражают входную информацию в виде эквивалентного электрически параметра, поскольку методы и средства измерения, передачи и обработки электрических сигналов обладают рядом достоинств.

Однако есть и пневматические сигналы, обеспечивающие взрывоопасность аппаратуры и некоторые другие преимущества.

Но все же наиболее предпочтительнее чувствительные элементы с электрическими выходными параметрами.

Часто используют чувствительные элементы типа электрических сопротивлений:

- сопротивления проводниковые,
- сопротивления полупроводниковые,
- сопротивления индуктивные (магнитные),
- сопротивления емкостные (диэлектрические),
- сопротивления взаимной индукции (электромагнитные),
- сопротивления жидкостные (ионные),
- сопротивления газовые (ионные),
- сопротивления вакуумные,

с помощью которых измеряют ряд параметров (перемещения, температуры и др.).

Совокупность чувствительных элементов обеспечивает восприятие массовой информации со сложных объектов. При этом существенное значение имеют методы поиска и считывания информации.

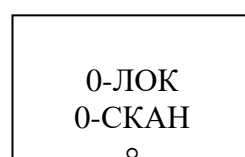
Возможны методы поиска и считывания информации в точечных, линейных, плоских и объемных средах.

Точечный рецептор

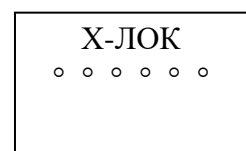
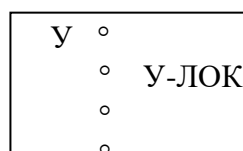
- Локализованный
- С разветвлением (сканирование)

0-ЛОК означает установку 0-СКАН

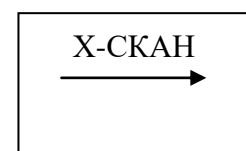
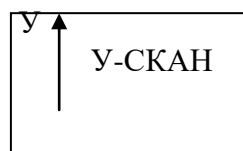
датчика в одной точке и отсутствие разветвления.



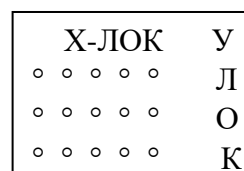
Применяются центры чувствительных элементов, установленных неподвижно по оси У или Х.



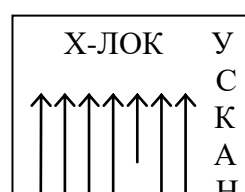
У-СКАН и Х-СКАН и имеется один точечный датчик, совершающий развертку координаты У или Х



Двухмерная система чувствительных элементов с координатами Х и У



Датчики расположены по оси Х, по



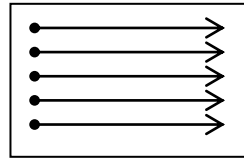
переменной по У, т.е. Х-ЛОК

У-СКАН



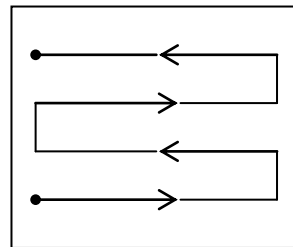
У-ЛОК

Х-СКАН

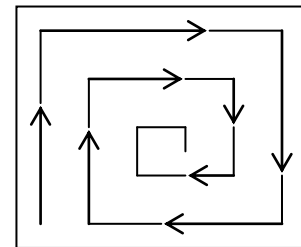


Один датчик осуществляет

развертывание петлями по всей поверхности



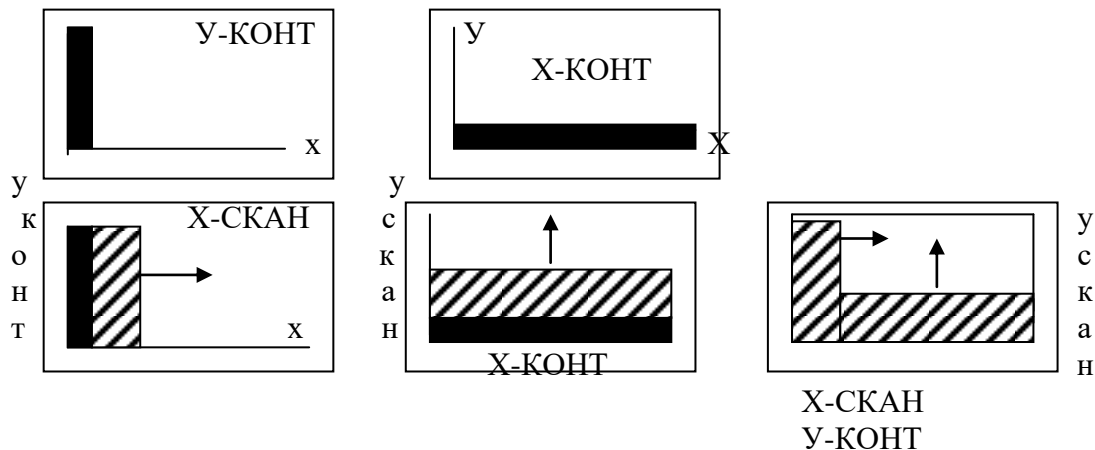
ХУ-СКАН



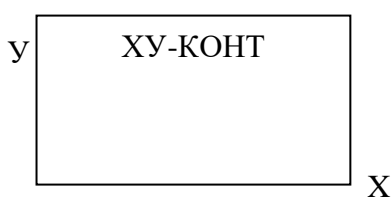
УХ-СКАН

Существуют системы с распределенными по линии (континуальными) чувствительными устройствами, которые для обследования поверхности совершают движения по осям Х и У.

Ё

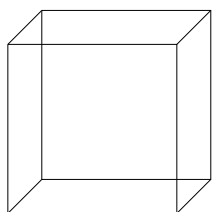


В последнем случае имеются две системы, распределенных по линии, совершающих развертывающее движение вдоль сопряженных осей.

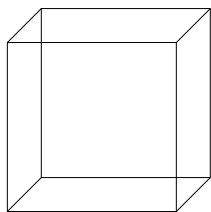


Теоретический случай покрытия обследуемого двумерного поля распределенной по поверхности системой чувствительных элементов, причем распределенное множество чувствительных

элементов неподвижно относительно
наблюдаемого поля.



X



X

объемные системы, которые имеют
разновидности, которые были указаны
указаны выше, с развитием на три
измерения.

Все варианты заключаются между предельными случаями, когда один
единственный чувствительный элемент осуществляет петлеобразную и
послойную развертку объемного поля и распределенной по объему системой
чувствительных элементов.

Кроме приведенных выше методов регулярного поиска существуют методы
случайного поиска, в которых преднамеренно вводится элемент случайности при
просмотре объекта.

Экспериментально доказано, что человек и животные пользуются именно этим
методом.

Однако в настоящее время не найдено приемлемых по сложности аппаратурных
решений для его реализации. Поэтому пока рациональной процедурой следует
считать регулярный поиск.

Следующим этапом восприятия (получения) информации является ее измерение.

Измерение информации

Поскольку непосредственное сравнение с существующими единицами измерения удобно проводить только для небольшого числа физических величин, измеряемую величину часто определяют по значению другой величины, связанной с ней функциональной зависимостью.

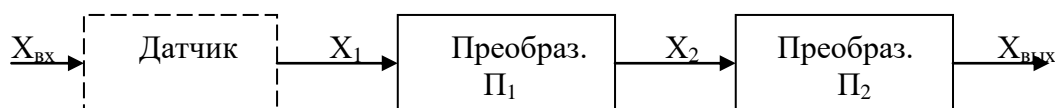
Как отмечалось, это делается с помощью датчиков.

Принципиальная возможность осуществления измерений ограничивается в первую очередь порогом чувствительности датчика и мощностью, необходимой для получения соответствующей информации. Большое значение имеют также их динамические свойства.

Существуют три метода измерительных преобразователей:

- Прямой,
- Следящий,
- Развертывающий.

Структурная схема прямого измерительного преобразования:



Структурная схема образуется рядом последовательно соединенных звеньев без обратных связей и цепей сравнения.

При прямом преобразовании измерение связано с мощностью первичной измерительной цепи.

Результирующий коэффициент усиления преобразователя определяется произведением коэффициентов усиления всех составляющих звеньев, а на результирующую погрешность преобразователя в равной мере влияют погрешности всех звеньев.

Наличие нелинейного звена в цепи преобразователя приводит к нелинейности функции преобразования $X_{\text{вых}} = f(X_{\text{вх}})$.

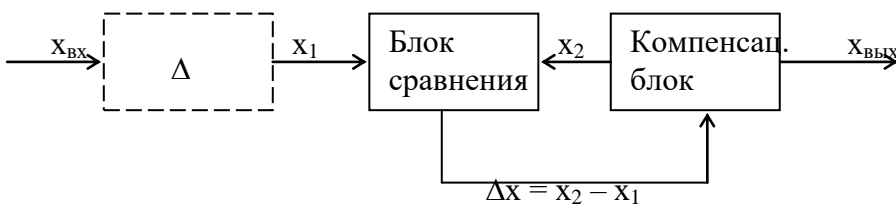
Изменение характеристик отдельных звеньев (их коэффициент усиления) вызывает изменение значения выходной величины.

Значительные погрешности могут быть все звенья изменением сопротивления линии связи между звеньями.

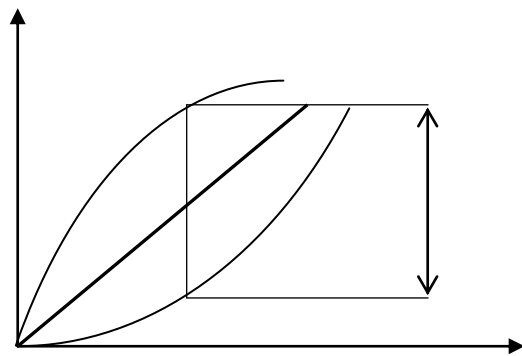
Естественно, добиться высокой точности измерения методом прямого преобразования весьма сложно, хотя конструкции достаточно просты.

Два других метода измерительного преобразования основаны на автоматической компенсации измеряемой величины и позволяют получить более высокую точность.

Следящий метод измерительного преобразования сочетает в себе высокую точность и чувствительность и позволяет обеспечить большую мощность на выход, которая достаточна не только для индикации и регистрации, но и для решения задач автоматического регулирования различных процессов.



Отличительной чертой этого метода является наличие звена обратного преобразования выходной величины во входную величину, однофазную с преобразуемой величиной и их сравнение.



Преобразования измеряемой величины x_1 сравнивается с компенсирующей величиной x_2 .

Разность $\Delta x = x_2 - x_1$ воздействует на компенсирующий блок, чтобы свести этот сигнал рассогласования к нулю.

Анализ показывает, что функции преобразования, соответствующие границам

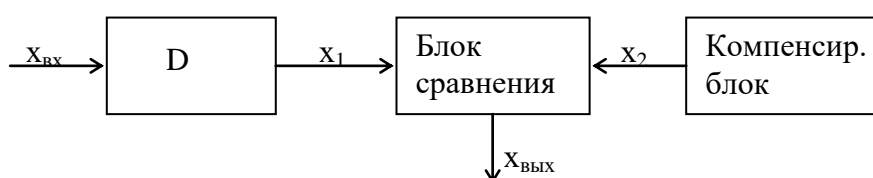
симметричной зоны нечувствительности, нелинейные и имеют вид на рис.

Отклонение от идеальной функции преобразования (линейной зависимости) возможно как в одну, так и в другую сторону.

Погрешность при градуировке учесть невозможно, но ее можно уменьшить путем увеличения коэффициента усиления K сравнения.

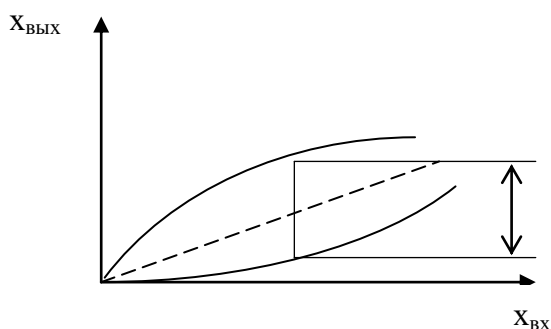
Однако увеличение коэффициента усиления K при следящем методе преобразования ограничено, т.к. при $K > K_{\text{пред}}$ в преобразователе возникают автоколебания.

При развертывающем методе измерительного преобразователя измеряемая величина циклически сравнивается с другой однородной величиной, изменяющейся по определенному (чаще всего линейному) закону.



В момент компенсации срабатывает блок сравнения. Время от конечного числа компенсаций до момента срабатывания блока сравнения пропорционально измеряемой величине.

Функция преобразования также нелинейная вследствие наличия зоны



нечувствительности у блока сравнения.

δ_{max}

Анализ показывает, что при развертывании и преобразовании максимальная погрешность нелинейности по абсолютной величине вдвое меньше, чем при

следящем преобразовании, т.к. отклонение от идеальной функции преобразования наблюдается только с одной стороны.

Погрешность нелинейности может быть скомпенсирована в увеличении коэффициента усиления, причем здесь нет ограничений.

Влияние изменения коэффициента усиления на максимальную погрешность нелинейности, как и в следящем преобразовании, определяется так:

$$\Delta\delta_{\max}/\delta_{\max} = -\Delta k/k$$

Относительное изменение коэффициента усиления K равно относительному изменению максимальной погрешности нелинейности δ_{\max} , взятому со знаком “ – “.

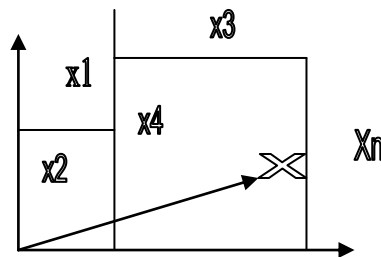
Вместе с тем метод развертывающего измерительного преобразователя уступает методу следящего измерительного преобразователя в том, что допускает только дискретные во времени отображения входной величины.

2.2 Обнаружение и распознавание

Задача распознавания возникает в процессе восприятия информации. Требуется распознавать зрительные и акустические образцы при считывании графической и звуковой информации отыскивать неисправности в сетевых объектах, распознавать малые сигналы на фоне помех и т.д.

Процесс распознавания состоит в классификации явлений по имеющейся информации и отнесении воспринимаемой совокупности им вектора признаков $X=(X_0 \dots X_n)$ к области, характеризующей одно из состояний a_i источника информации.

С этой целью пространство признаков X разбивается по какому-либо критерию на h областей $X_1 - X_n$, соответствующих точкам пространства состояний $A=\{ a_1 \dots a_n \}$.



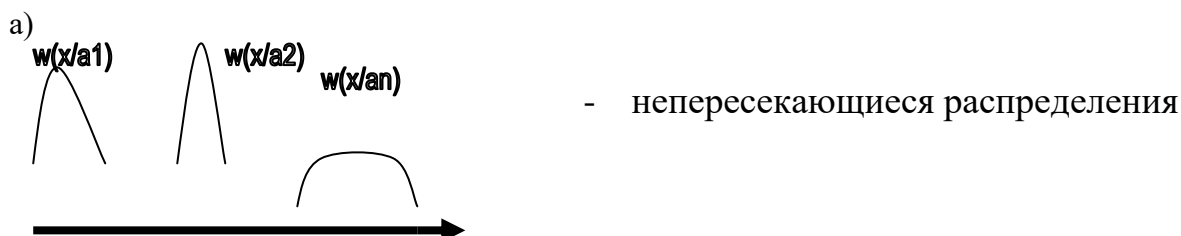
Если разбиение производится на две области, распознавание становится двух альтернативным и представляет собой обнаружение некоторого явления.

Векторы X в пространстве признаков носят название векторов реализации, а области разбиения обнаружит множество классов. В среду задач теории обнаружении и распознавания входит:

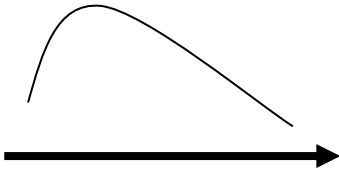
- 1) определение границ областей X_i
- 2) нахождение оптимальных аргументов классификации

В общем случае зависимость реализации X от состояний a_i источника носит вероятностный характер.

Рассмотрим на примере:

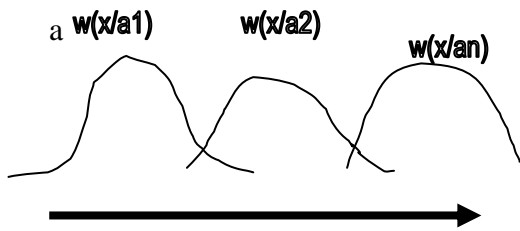


б)

 $w(x/a_i), i=1, 2, \dots, n$

- тождественные распределения

в)



- пересекающиеся распределения

В случае а) возможно безошибочное распознавание. Для этой области $X_1 \dots X_n$ в качестве признаков должны быть выбраны так, чтобы каждая из них включала все возможные значения только одного соответствующего ей параметр. При этом вероятность $p(a_i/X_i)$ правильного распознавания i -го состояния при условии $x \in X_i$, которую можно подсчитать по формуле Байеса:

$$P(a_i/X_i) = \frac{p(a_i)p(X_i/a_i)}{\sum_j p(a_j)p(X_i/a_j)} = \frac{p(a_i) \int_{X_i} \omega(x/a_i) dx}{\sum_j p(a_j) \int_{X_i} \omega(x/a_j) dx} = \frac{p(a_i) \int_{X_i} \omega(x/a_i) dx}{p(a_i) \int_{X_i} \omega(x/a_i) dx} = 1$$

Так как все условные распределения $w(x/a_i)$ в области X_i ($i \neq j$) тождественно равно 0.

Во втором случае – тождественно равных условных распределений - распознавание по вектору реализации невозможно. Действительно, какое бы разбиение на области X_i не производилось, вероятность:

$$P(a_i/X_i) = \frac{p(a_i)p(X_i/a_i)}{\sum_j p(a_j)p(X_i/a_j)} = \frac{p(a_i)p(X_i/a_i)}{\sum_j p(a_j)p(X_i/a_i)} = P(a_i)$$

Так как все $p(X_i/a_j)$ можно заменить на $P(X_i/a_1)$.

Полученный результат свидетельствует о том, что отнесение вектора x к какой-либо области X_i не увеличивает вероятность распознавания, которая остается равной $p(a_i)$.

Третий случай является промежуточным между первым и вторым. Распознавание состояний при этом возможна с вероятностями, лежащими в пределах:

$$P(a_i) < p(a_i/X_i) < 1$$

Правильно: $P(a_i) < p(a_i/X_i) < 1$

Характеристики качества распознавания.

Основными характеристики качества распознавания являются ошибки распознавания и средние потери.

Предположим, при $x \in X_i$ принимается гипотеза о наличии состояния a_i . Вероятность правильного решения составляет при этом $p(a_i/X_i)$, а вероятность ошибки $p_{i \text{ ош}} = 1 - p(a_i/X_i)$.

Средняя вероятность ошибки распознавания для всех возможных реализаций:

$$P_{\text{ош}} = \sum_i p(X_i) [1 - p(a_i / X_i)] = 1 - \sum_i p(X_i) [p(a_i / X_i)] = 1 - \sum_i p(X_i) \int_{X_i} w(x / a_i) dx \quad (3)$$

здесь $p(X_i)$ означает $p(x \in X_i)$ из этого выражения видно, что $p_{\text{ош}}$ зависит от выбора областей X_i , то есть от разбиения пространства реализаций.

Если ошибки распознавания отдельных состояний неполноценны и с ними можно связать определенные потери, то для характеристики качества распознавания может быть принята величина средних потерь.

Обозначим через r_{ij} положительное число, определяющее условные потери (штрафы) от ошибки в результате заключения о состоянии a_i , в то время как источник информации находится в некотором другом состоянии a_j .

При попадании вектора x параметров в области X_i потери составляют

$$r_i = \sum_j p(a_j / X_i) r_{ij} \quad - \text{условный риск распознавания}$$

а средние потери

$$r_i = \sum_i p(X_i) \sum_j p(a_j / X_i) r_{ij} = \sum_j p(a_j) \sum_i r_{ij} \int_{X_i} w(x / a_j) dx \quad (4)$$

величина r_i носит название условного, а r – среднего риска распознавания. В дальнейшем потери r_{ij} связанные с правильными решениями, предполагаются равными нулю.

Рассмотрим некоторые критерии, определяющие разбиение пространства реализаций по области X_i и связанные с ними методы распознавания, основанные на использовании информации об условных распределениях $w(x/a_i)$

$$r = \int_{X_1} r_{12} p(a_2) w(x/a_2) dx + \int_{X_2} r_{21} p(a_1) w(x/a_1) dx$$

Статистические критерии обнаружения.

В теории обнаружения широкое применение получили методы, используемые в математической статистике для проверки статистических гипотез. Эти принципы эффективно используются при решении задач обнаружения сигналов в условиях неопределенности и при наличии помех, определения работоспособности сложных систем в процессе испытаний и т.д. .

Во многих случаях ошибка обнаружения о состоянии a_i источника информации производится не по одному отчету информационного параметра x_1 , а по сумме отчетов $x_1 \dots x_n$ статистически связанных с состоянием a_i .

При этом совокупность последовательно получаемых значений параметра также можно рассматривать как вектор-реализации $x = \{x_1 \dots x_n\}$ в пространстве признаков X .

Статистическая связь вектора x с состояниями a_i определяется условными плотностями распределения $w(x/a_i)$.

Для обеспечения возможности обнаружения пространство признаков должно быть разбито на 2 области, X_1 и X_2 . Границы этих областей носит название решающей поверхности.

В процессе обнаружения решения устройство определяет, какой области принадлежит вектор реализации и делает заключение о состоянии a_i источника.

Таким образом, в памяти решающего устройства должны храниться данные о решающей поверхности.

Поскольку эта поверхность многомерна ее задание и хранение могут встретить значительные трудности.

Оказывается однако, что многомерный случай может быть приведен к одномерному путем перехода к новой переменной функционально связанной с вектором x . Эта переменная носит название отношения (или коэффициент) правдоподобия и задается соотношением

$$\lambda = \frac{\omega(x/a_2)}{\omega(x/a_f)}, \quad \text{где } \omega(x/a_2) - \text{многомерная плотность}$$

$$\text{распределения вероятностей}$$

$$\omega(x/a_f) = \omega(x_1, x_2 \dots x_m/a_i).$$

Вместо уравнения решающей поверхности в этом случае достаточно запомнить одно число λ_0 , с каким сравнивается текущее значение коэффициента правдоподобия λ .

Неравенству $\lambda > \lambda_i$ соответствует $x \in X_2$. При этом делается заключение (принимается гипотеза) о наличии состояния a_2 .

Случай $\lambda \leq \lambda_i$ соответствует $x \in X_1$.

Уравнение границы $F(x)=0$ определяется отношением

$$\frac{\omega(x/a_2)}{\omega(x/a_1)} = \lambda_0$$

Переход к использованию коэффициента правдоподобия вместо векторных сигналов удобен ещё и тем, что исключается зависимость решающего правила от размерности пространства признаков.

Хотя это достигается за счет усложнения процедуры восприятия, связанного с необходимостью вычисления $\lambda(x)$.

Критерий минимального риска Байеса.

Этот критерий экономически наиболее целесообразен, требует максимальной априорной информации.

Для его использования должны быть известны, кроме условных распределений $w(x/a_1)$ и $w(x/a_2)$, априорной вероятности состояний источника $P(a_1)$ и $P(a_2)$ и условные потери r_{21} и r_{12} ($r_{11}=r_{22}=0$).

Разбиение пространства признаков производится таким образом, чтобы минимизировался средний риск. Это означает, что при достаточно большом числе актов распознавания экономические потери от ошибок будут минимальными, средний риск для случая обнаружения имеет вид:

$$\begin{aligned} r &= \int_{X_1} r_{12} p(a_2) w(x/a_2) dx + \int_{X_2} r_{21} p(a_1) w(x/a_1) dx \\ \text{или } r &= \int_{X_1} r_{12} p(a_2) w(x/a_2) dx - \int_{X_2} r_{12} p(a_2) w(x/a_2) dx + \int_{X_2} r_{21} p(a_1) w(x/a_1) dx = \\ &= r_{12} p(a_2) + \int_{X_2} [r_{21} p(a_1) w(x/a_1) - r_{12} p(a_2) w(x/a_2)] dx \end{aligned}$$

Величина r представляет собой функционал, зависящий от области X_2 интегрирования. Риск будет минимальным, если область X_2 охватывает все отрицательные и только отрицательные значения под интегральной функции, то есть все векторы x , для которых

$$r_{21} p(a_1) w(x/a_1) - r_{12} p(a_2) w(x/a_2) < 0 \quad (6)$$

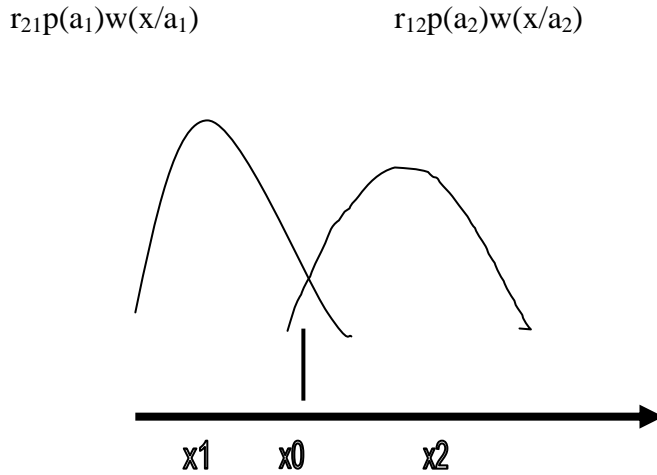
В этом случае интеграл будет представлять собой максимальное по абсолютной величине отрицательное число, которое вычитается из первого слагаемого. Совместная область X_1 охватывает все значения x для которых

$$r_{21} p(a_1) w(x/a_1) - r_{12} p(a_2) w(x/a_2) \geq 0$$

отсюда уравнение решающей поверхности

$$F(x) = r_{21} p(a_1) w(x/a_1) - r_{12} p(a_2) w(x/a_2)$$

В одномерном случае, когда вектор x есть один отчет параметра x , решающая поверхность представляет собой точки x_0 пересечения функций $r_{21}p(a_1)w(x/a_1)$ и $r_{12}p(a_2)w(x/a_2)$



Полученное выражение можно представить в виде отношений правдоподобия

$$\frac{w(x/a_2)}{w(x/a_1)} = \lambda_0 = \frac{r_{21}p(a_1)}{r_{12}p(a_2)}$$

Таким образом в процессе обнаружения для получения вектора x подставляется величина $\lambda = \frac{w(x/a_2)}{w(x/a_1)}$ которая сравнивается с постоянной величиной $\lambda_0 = \frac{r_{21}p(a_1)}{r_{12}p(a_2)}$, при $\lambda > \lambda_0$ решающее устройство дает ответ, соответственно состоянию a_2 .

Риск распознавания при этом оказывается минимальным.

Критерий идеального наблюдателя Зигерта – Кательникова

Если сравнительную оценку потерь сделать трудно, то их целесообразно принять равными $\Gamma_{12} = \Gamma_{21}$. Тогда (x) выражает среднюю вероятность ошибки обращения:

$$P_{om} = P(a_1) \int_{x_2} \omega(x/a_1) dx + P(a_2) \int_{x_1} \omega(x/a_2) dx = P(a_1) * P_{1om} + P(a_2) * P_{2om}$$

Это выражения являются частным случаем (3) для $i = 2$.

Для условных вероятностей $P_{1от} = \beta$ $P_{2от} = \nu$

Приняты следующие названия:

β – вероятность ошибки 1 – ого рода, другое название, вероятность ложной тревоги(в теории сигналов), риск заказчика(в теории автомат), уровень значимости(в мат. статистике).

Величину $1 - \beta$ называется оперативной характеристикой критерия.

ν – вероятность ошибки первого 2 – ого рода, другое название

-вероятность пропуска сигналов

-риск изготовителя

Величину $1 - \nu$ называют мощностью Критерия

Критерий минимального риска превращаются в рассматриваемом случае, в критерий минимума средней ошибки обнаружен или критерий идеального наблюдателя.

Правило решения принимает вид $\beta > P(a_2) / P(a_1)$

или
$$\frac{\omega(x/a_2) * P(a_2)}{\omega(x/a_1) * P(a_1)} > 1$$

Левая часть неравенства, совпадая с отношением апостериорных вероятностей:

$$\frac{P(a_2/x)}{P(a_1/x)} = \frac{P(a_2) * \omega(x/a_2)}{P(a_1) * \omega(x/a_1)}$$

что легко подсчитать, используя формулу Байеса.

Таким образом, решающее устройство, работающее по критерию идеального наблюдателя, выбирает такую гипотезу, которая соответствует максимальной апостериорной вероятности.

Граничное значение коэффициента правдоподобия, определяющее уравнение решающей поверхности

$$\lambda_0 = \frac{P(a_1)}{P(a_2)}$$

Критерий максимального правдоподобия Фишера

При неизвестных априорных вероятностей $P(a_2)$ и $P(a_1)$ решение может быть принято по соотношению между $\psi(x/a_2)$ и $\psi(x/a_1)$.

При этом предполагается $\lambda_0 = 1$, что соответствует случаю $P(a_1) = P(a_2)$ в критерий идеального наблюдателя. Этот критерий носит название критерий(принципа) максимального правдоподобия.

Минимальный Критерий

Более осторожным при неизвестных вероятностей $P(a_2)$ и $P(a_1)$ является минимальный критерий, при котором для каждого λ ищется наихудшее распределения, т.е. такое, при котором средний риск имеет наибольшее $\max \Gamma$, а затем среди множества значений λ с такими распределениями выбирается λ_0 , обеспечивающее минимум Γ .

При этом риск оказывается равным

$$\Gamma_0 = \min_{\lambda_0} \max_{P(a_2)} \Gamma = \max_{P(a_2)} \Gamma(\lambda_0)$$

где λ_0 определяются

$$\lambda_0 = \frac{\Gamma_{21} * P(a_1)}{\Gamma_{12} * P(a_2)}$$

Такой Критерий носит название минимальный. Учитывая, что $W(x/a_i) dx = W(x/a_1)dl$ и области X_1 и X_2 в пространстве X соответствует областям $[0, l_0]$ и $[l_0, \infty]$ значений l , выражения для среднего риска можно записать в виде:

$$\Gamma = \Gamma_{12} * P(a_2) \int_0^{\lambda_0[P(a_2)]} \omega(\lambda/a_2) d\lambda + \Gamma_{21} * DD(\cdot) \int_{\lambda_0[P(a_2)]}^{\infty} \omega(\lambda/a_1) d\lambda$$

где граничная точка l_0 представления в виде функции от вероятности $P(a_1)$.

Приравнивая производную риска по этой вероятности нулю, получаем трансцендентное уравнение для определения вероятности $P(a_2)$, обеспечивающей максимум риска при условии

$$\lambda_0 = \frac{\Gamma_{21} * P(a_1)}{\Gamma_{12} * P(a_2)}$$

$$\Gamma_{12} * P(a_2) \int_0^{\lambda_0[P(a_2)]} \omega(\lambda/a_2) d\lambda - \Gamma_{21} * DD(\cdot) \int_{\lambda_0[P(a_2)]}^{\infty} \omega(\lambda/a_1) d\lambda = 0 \quad \text{или}$$

$$\Gamma_{12} * \beta[P(a_2)] = \Gamma_{21} * \alpha[P(a_2)] \quad (8)$$

При этом условные риски β и α являются функциями координаты l_0 , которая в свою очередь связана с распределения априорных вероятностей соотношением

$$\lambda_0 = \frac{\Gamma_{21} * P(a_1)}{\Gamma_{12} * P(a_2)} \quad (7)$$

Равенства (7) и (8) определяют значения l_0 и $P(a_2)$ дающие минимальное решение.

Критерий наблюдателя Неймана – Пирсона

Часто ошибки 1 и 2 – го рода могут привести к существенно - различным последствиям, которые невозможно оценить в виде потерь. Это имеет место, например, если она из этих ошибок приводит к непредсказуемым катастрофическим последствиям.

Такую ошибку необходимо ограничить некоторой очень малой величиной.

Вторую из ошибок всегда желательно сделать взаимно меньшей.

Критерий, отражающий эти требования, формулируется так:

Обеспечить \min в при $b \leq b_0$. Величина λ_0 находится в этом случае по ворожению:

$$\int_{\lambda_0}^{\infty} \omega(\lambda / a_1) d\lambda = \alpha_0$$

Так как большие значения приводят к большим условным ошибкам b , а меньшие к недопустимым ошибкам $b(b > b_0)$

Критерий минимальной длительности эксперимента Вальда

Предположим, что требуется обеспечить достаточно малые вероятности ошибки как 1 – го так и 2 – го рода: $b \leq b_0$; $v \leq v_0$

При использовании любого критерия уменьшение вероятностей ошибки обнаружения достигается увеличением размерности вектора x . Но при фиксированной разности не всегда могут быть обеспечены требуемые малые вероятности b и v ошибок.

Большие возможности в этом случае имеет, гибкая процедура, состоящая в определении решающего правила, определяющего с вектором неопределенной разрядности. Число m необходимых отсчетов $x_1 \dots x_m$ может принимать свое значение.

Вальд предположил процедуру, обеспечивающую минимальное среднее значение m для достижения заданной вероятности правильного решения.

Если считать стоимость эксперимента пропорциональной его длительности, то такая процедура обеспечивает минимальную среднюю стоимость. Этот метод, получивший название последовательного анализа состоит в следующем:

|| Ось l делиться на три области:

	l_1 , включающую все $l \leq l_1$	области принятия
	l_2 , включающую все $l \leq l_2$	решений

и области $l_0(l_1 \leq l \leq l_2)$ – область неопределенностей.

На каждом i – ом шаге вычисляется отношение правдоподобия:

$$\lambda_i = \frac{\omega(x^i / a_2)}{\omega(x^i / a_1)}$$

которое сравнивается с двумя портами l_1 и l_2

Здесь $x^i = \{x_1 \dots x_2 \dots x_i\}$ – вектор реализации разностей i .

При $l \in l_1$ или $l \in l_2$ принимается соответствующие гипотезы о состоянии a_1 и a_2 при попадание в область неопределенности или $l \in l_0$ решение не принимается, а делается следующий отсчет x^{i+1} примера и рассчитывается отношение:

$$\lambda_{i+1} = \frac{\omega(x^{i+1} / a_2)}{\omega(x^{i+1} / a_1)}$$

Вальд показал, что эта процедура конечна и приводит к минимальной средней длине эксперимента (по среднему числу шагов) m при условии выбора порогов в соответствии с отношениями:

$$\lambda_1 = \frac{1-\beta}{\alpha} \qquad \lambda_2 = \frac{\beta}{1-\alpha}$$

При этом математическое ожидание m :

$$M[m] = \frac{\alpha \ln \lambda_1 + (1 - \beta) \lambda_2}{M[x]}$$

2.3 Передача информации.

Использование информации потребителем связано с её транспортировкой от источника. Транспортировка всегда осуществляется в пространстве и во времени. Оба вида передачи имеют много общего и часто используют в процессе реализации сходные методы – помехоустойчивое кодирование, модуляцию и др.

Выделим основные проблемы, связанные с передачей информации:

- 1.Повышение эффективности передачи в частном повышение скорости передачи информации по каналу, для чего требуется разработка методов эффективного кодирования.
- 2.Повышение надёжности передачи путём использования методов помехоустойчивого кодирования, а также повышения помехоустойчивости каналов и приёма.
- 3.Эффективное использование многоканальных систем передачи.
- 4.Использование новых перспективных видов связи.

По назначению передаваемую информацию можно разделить на:

- осведомительную (телеизмерение, телесигнализация, дистанционное или местное измерение, связь, передача данных, обнаружение);
- управляющую (телеуправление, дистанционное управление, телерегулирование).

Информация, полученная в результате измерения, передаётся как аналоговыми, так и цифровыми (кодowymi) сигналами. Большое значение при этом уделяется вопросам сохранения точности информации.

Системы передачи данных для ввода цифровой информации в ЭВМ к ним предъявляется требование повышенной достоверности передачи. При передаче управляющей информации применяются только кодовые сигналы, используемые

для дискретного (обычно двухпозиционного) управления объектами. Здесь задача – обеспечения высокой надёжности передачи.

Системы передачи предполагают наличие источника и приёмника, оба которые находятся на определёнными расстояниями друг от друга. Например: в локаторе передатчик и приёмник конструктивно совмещены, а источником информации служит обнаруживаемый объект, а в системах пассивного обнаружения передатчика вообще нет (обнаружение источника звука).

Связь в системе осуществляется по каналам передачи. Различают: канал связи и линия связи.

Канал – это тракт движения сигнала в многократной системе передачи, т.е. в системе с множеством входных и выходных устройств.

Линия связи – представляет собой физическую среду, по которой передаются сигналы.

Многоканальные системы могут иметь одно- или двухпроводную линию связи.

Различают следующие виды каналов связи:

Виды каналов	Классификация признаков	Разновидность Каналов	Частота сигналов или длина волны λ
механические	среда передачи	жёсткие; гидравлические; пневматические	
акустические	диапазонная частота	звуковые; ультразвуковые	$f \leq 20 \text{ кГц}$ $\lambda \geq 15 \text{ км}$ $f > 20 \text{ кГц}$ $\lambda < 15 \text{ км}$
электрические	диапазонная частота	подтональных частот; тональных частот; надтональных частот; высокочастотные	$f < 200 \text{ Гц}$ $\lambda > 1500 \text{ км}$ $f = 300 \div 400 \text{ Гц}$ $\lambda = 90 \div 1000 \text{ км}$ $f = 4000 \div 8550 \text{ Гц}$ $\lambda = 32 \div 75 \text{ км}$ $f > 10 \text{ кГц}$ $\lambda < 30 \text{ км}$
радио	диапазонная частота	длинноволновой; средневолновой; промежуточный; коротковолновой; ультракоротковолновой	$f < 300 \text{ кГц}$ $\lambda > 1000 \text{ м}$ $f = 300 \div 1550 \text{ кГц}$ $\lambda = 20 \div 10000 \text{ м}$ $f = 1.5 \div 6 \text{ МГц}$ $\lambda = 50 \div 200 \text{ м}$ $f = 6 \div 30 \text{ МГц}$ $\lambda = 10 \div 50 \text{ м}$ $f = 30 \div 30 \cdot 10^5 \text{ МГц}$ $\lambda = 0.0001 \div 10 \text{ м}$
оптические	диапазонная частота	инфракрасное излучение; видимого спектра; ультрафиолетовое излучение	$f = 0.3 \div 400 \text{ Гц}$ $\lambda = 0.75 \div 1000 \text{ м}$ $f = 400 \div 1000 \text{ Гц}$ $\lambda = 0.3 \div 0.75 \text{ м}$ $f = 1000 \div 3000 \text{ Гц}$ $\lambda = 0.01 \div 0.3 \text{ м}$

Механические каналы.

Применяются для передачи на короткие расстояния (до 500 м) сигналов в виде механических усилий или давления.

Наиболее широкое применение получили пневматические каналы в системах контроля и регулирования на предприятиях со взрыво- и пожарно-опасной средой.

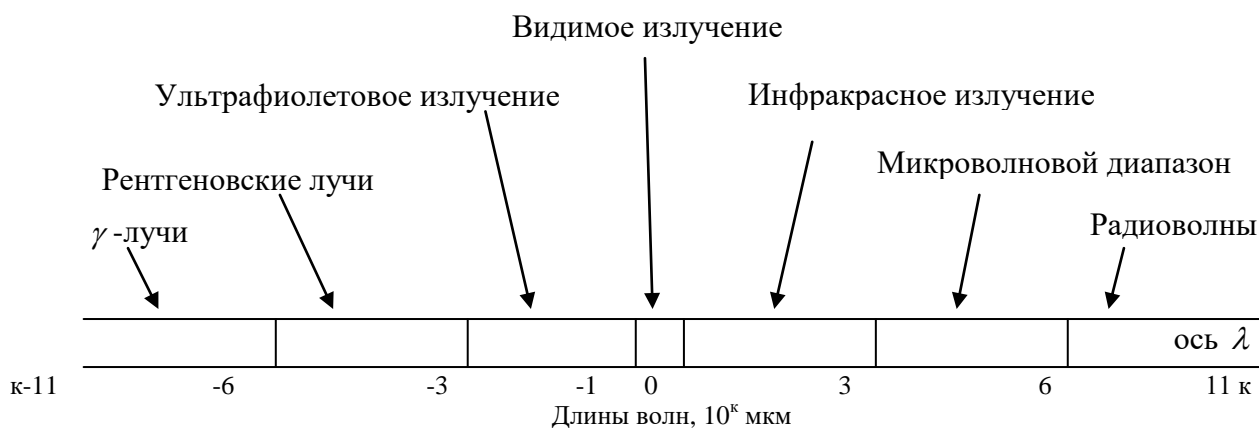
Их недостаток – длительные переходные процессы в пневматических линиях связи, особенно в линиях большой длины.

Акустические каналы.

Акустические сигналы и каналы нашли разнообразное применение в технике автоматического контроля, обнаружения и связи.

- акустический контроль состояния работающих систем;
- ультразвуковая дефектоскопия;
- акустическое обнаружение объектов;
- гидролокация;
- акустическая связь.

Оптические каналы.



Наибольший интерес представляют устройства, работающие с инфракрасными излучениями.

Достоинства:

1. Меньшее ослабление инфракрасного излучения атмосферой по сравнению с излучением видимой и ультрафиолетовой части спектра.
2. Распространение инфракрасного излучения в темноте, скрытность передачи.

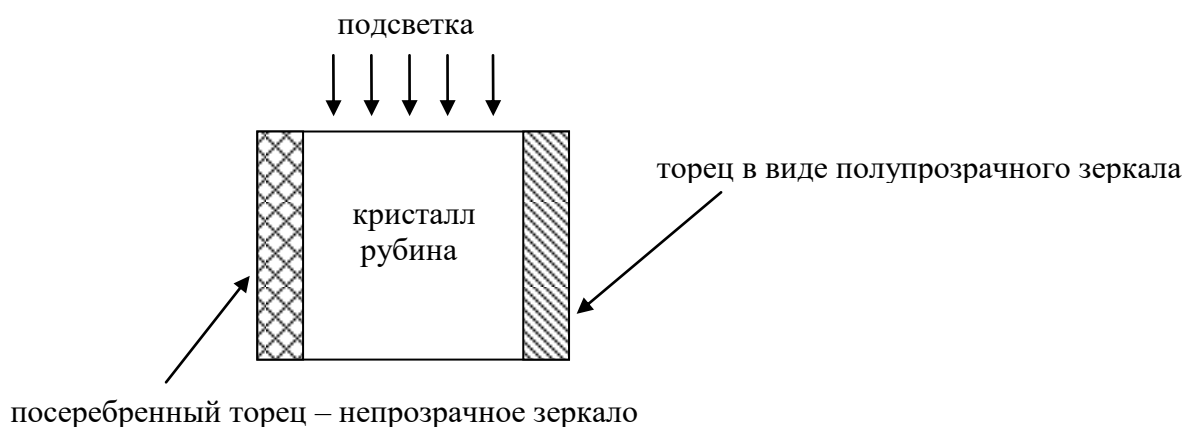
Наиболее распространённый диапазон в инфракрасной области от 0.75 до 15 мк. (Приборы ночного видения)

Большие перспективы в технике передачи имеет применение лазеров – квантовых генераторов света. (light amplification by stimulated emission of radiation)

- усиление света с помощью индуцированного излучения.

Разработаны различные кристаллические и газовые лазеры.

Рубиновый лазер.



При облучении кристалла (импульсная лампа) – источник «подкачки» происходит изменение энергетического состояния атомов хрома, содержащихся в рубине. Поглощая энергию «подкачки» и возбуждаясь атомы хрома переходят с основного (первого) энергетического уровня на более высокий (третий) затем, отдавая часть своей энергии кристаллической решётке, эти атомы переходят на второй метастабильный уровень, вследствие чего на втором уровне накапливается большое число возбуждаемых атомов.

При переходе одного из атомов со второго уровня на первый получается фотон, который, встречаясь с другими атомами, расположенными на втором уровне, вызывает их переход на первый энергетический уровень.

В результате возникает лавинный переход атомов со второго на первый уровень и интенсивное излучение в области красного спектра.

Многократное отражение от торцов приводит к возникновению внутри кристалла стоячей волны света, интенсивность которой непрерывно возрастает.

Спектр излучаемых фотонов имеет очень узкую полосу, так что получается монохроматическое излучение.

Большие перспективы в области передачи информации принадлежит газовым лазерам, рабочим телом которых служит смесь гелия с неоном, смесь углекислого газа, азота и гелия и др. Они могут работать в непрерывном режиме и имеют высокий КПД (до 30 %).

Индукированное излучение возникает при электрическом разряде в газовой среде без оптической подсказки.

Ширина спектра излучения 10-80 кГц при собственной частоте $\approx 10^{14}$ Гц (100 ГГц).

Излучение газовых лазеров сосредоточено в угле менее 1° .

Высокая напряжённость принципиально даёт возможность вести передачу на чрезвычайно большие расстояния (десятки и сотни миллионов км).

Это делает перспективным использование оптических квантовых генераторов в космической связи.

Электрические каналы.

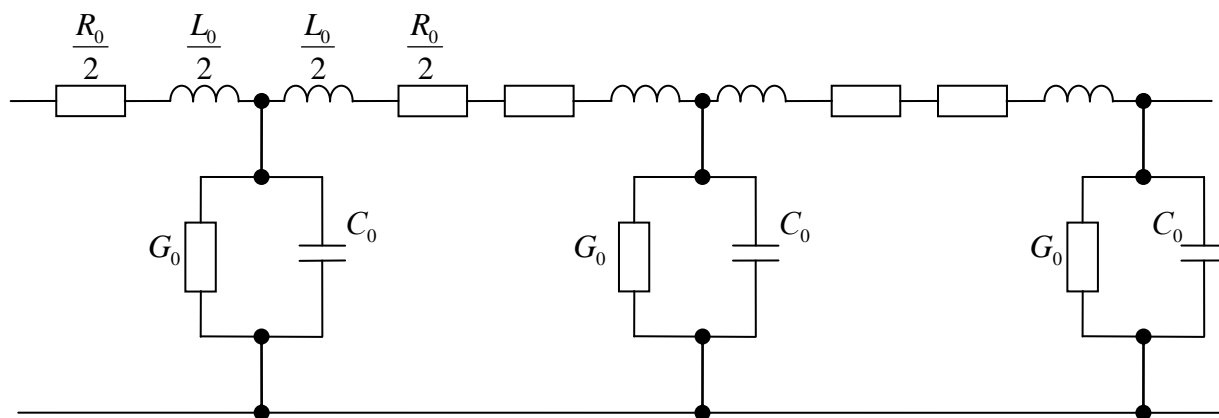
Широкое применение получили проводные линии связи.

Для передачи телемеханических сигналов широко применяются линии энергоснабжения, высоковольтные линии передачи, телефонные и телеграфные линии.

Шкала частот:

- 1) 0-200 Гц – подтональные частоты;
- 2) 300-3400 Гц – тональные частоты;
- 3) 4000-8500 Гц – надтональные частоты;
- 4) свыше 10кГц – высокие частоты.

Электрическая линия связи представляет собой длинную линию с распределёнными параметрами, которую можно представить в виде большого числа последовательно соединённых четырёхполюсников.



R_0 характеризует активное сопротивление, приходящееся на 1 км длины.

Это сопротивление зависит от материала, сечения провода, температуры окружающей среды и частоты передаваемых сигналов (при увеличении частоты R_0 растёт из-за наличия поверхностного эффекта).

L_0 - индуктивность на ед. длины зависит от материала, проводов, расстояния между проводами, частоты сигнала и температуры среды.

G_0 - проводимость изоляции зависит от вида изоляции, влажности окружающей среды и частоты сигнала.

C_0 - ёмкость утечки зависит от материала, радиуса проводов и расстояния между ними.

Волновое сопротивление $Z_c = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}}$, где ω - частота сигнала.

Для того чтобы вся проходящая по линии энергия поступала в нагрузку, нужно чтобы сопротивление нагрузки было равно волновому сопротивлению линии.

В противном случае возникает эффект отражения от конца линии.

Для исключения этого между линией и приёмником помещают согласующие цепи, обеспечивающие равенство нагрузки значению волнового сопротивления.

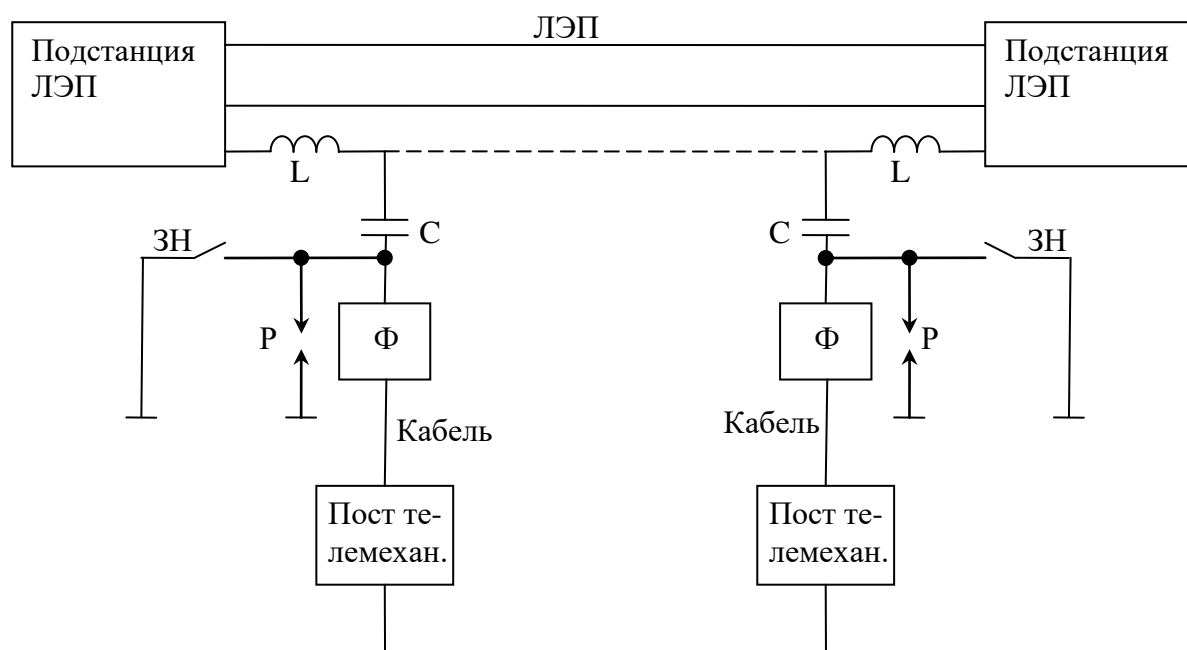
Проводные линии делятся на кабельные и воздушные.

Кабельные линии – большая надёжность и меньшая зависимость от условий внешней среды, проводимость изоляции мала $G_0 = 10^{-9} - 10^{-10} \text{ 1/}\Omega\cdot\text{км}$, но больше R_0 и C_0 , т.к. диаметр жил мал и сильно зависит от метеорологических условий. В сырую погоду $G_0 = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}\Omega\cdot\text{км}$.

Применение ЛЭП (высоковольтные линии 35-500 kV) это удобно и надёжно.

Но в высоковольтных линиях имеет место значительный уровень помех из-за наличия высших гармоник тока промышленной частоты, коронного разряда в проводах, атмосферных помех.

Это приводит к необходимости осуществлять передачу информации в высокочастотном диапазоне и использовать для восстановления сигнала промежуточные усилители и формирователи.



ЗН – заземляющий нож;

Ф – фильтр;

Р – разрядник.

Передача ведётся в диапазоне высоких частот в пределах 30-300 кГц.

Для защиты поста телемеханики от высокого напряжения применяется высоковольтный разделитель конденсатор С и разрядник Р. При пробое конденсатора высокое напряжение попадает на разрядник, который, пробиваясь, спекается и шунтирует аппаратуру на землю.

Заземляющий нож ЗН используется для шунтирования аппаратуры при ремонте полосовой фильтр Ф задерживает низкочастотную составляющую высоковольтного сигнала, а также помехи, возникающие в линии и пропускает полезный телемеханический сигнал.

Высокочастотный фильтр L – предотвращает прохождение телемеханических сигналов на подстанцию высоковольтной ЛЭП.

Радиоканалы.

Получили очень широкое распространение для передачи информации.

По диапазону частот радиосигналов различаются каналы:

- 1) длинноволновой диапазон $\lambda > 1000$ м;
- 2) средневолновой диапазон $200 < \lambda < 1000$ м;
- 3) промежуточный $50 < \lambda < 200$ м;
- 4) коротковолновой диапазон $10 < \lambda < 50$ м;
- 5) ультракоротковолновой диапазон $\lambda < 10$ м.

на распространение радиоволны влияют отражающие и поглощающие свойства земной поверхности и атмосферы, особенно слоя, ионосферы и расположенного выше стратосферы.

Ионосфера состоит из заряженных частиц газов – электронов и ионов, образующихся в результате воздействия солнечных лучей, космического излучения и метеоритных частиц.

Концентрация ионов в ионосфере имеет 2 максимума:

- 1) слой E – на высоте 110-130 км;
- 2) слой F – на высоте 300 км.

Ночью ионизация меньше, чем днём: изменение концентрации ионов с высотой обуславливает непрерывное изменение угла преломления радиоволн, в результате чего волны распространяются криволинейно.

Преломляющаяся способность ионосферы уменьшается с уменьшением длины волны. Сигналы длинноволнового диапазона полностью отражаются слоем E. Ультракоротковолновые сигналы не претерпевают отражения и выходят за пределы земной атмосферы – для космической связи. Сигналы других диапазонов отражаются ионизированными слоями E и F.

Волны, распространяющиеся вследствие отражения от ионосферы, носят название пространственных волн.

Волны, распространяющиеся вдоль поверхности земли, благодаря дифракции, называют поверхностные.

Чем меньше λ , тем быстрее затухает поверхностная волна (вследствие потерь в земной поверхности) и тем медленнее затухают пространственные волны.

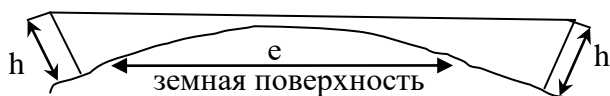
Для передачи сигналов промышленной телемеханики широко применяются радиорелейные каналы, осуществляющих связь на ультракоротких волнах.

Приёмо-передающие станции располагаются в пределах прямой видимости с учётом кривизны земли.

$$e = 7,2\sqrt{h} \text{ км};$$

h – высота антенны в метрах;

e – расстояние между ретрансляционными станциями, служащими для восстановления сигнала, искажённого и ослабленного в процессе передачи.



ниже потери. Это специальная аппаратура.

Кроме радио радиорелейных каналов применяют волноводные каналы $f=35\text{-}75$ ГГц. Здесь с увеличением частоты,

2.3.1 Разделение каналов.

В многоканальных системах тракты всех сигналов должны быть каким-либо способом разделены, чтобы сигнал каждого источника информации мог попасть в свой приёмник. Такая процедура носит название разделение каналов или разделение сигналов.

Введём обозначения:

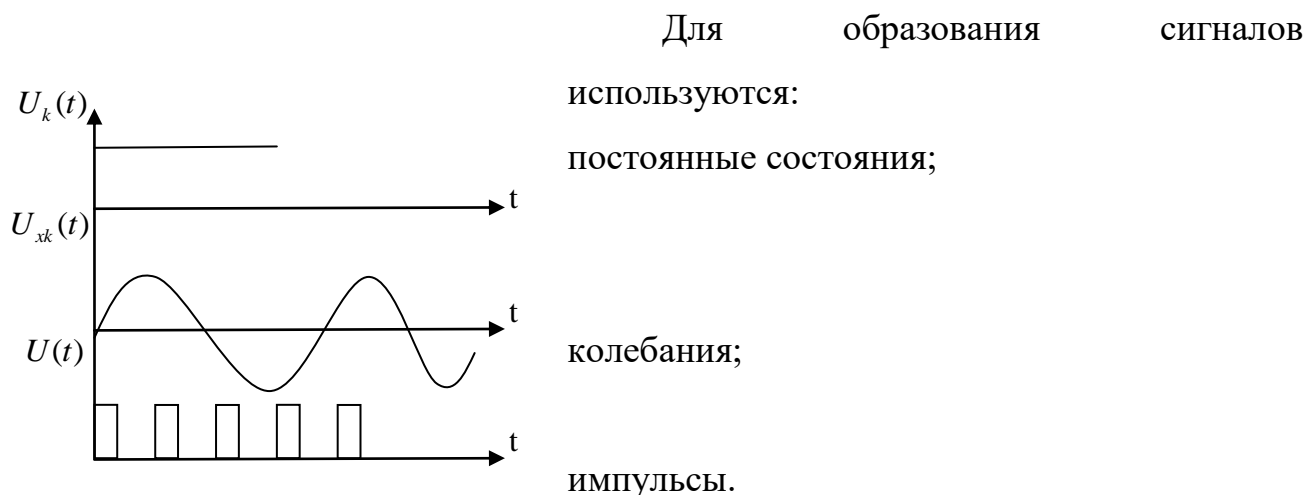
$U_k(t)$ - сигналы датчиков, отображающие информационные функции $X_k(t)$ и порождающие модуляцию параметров a_k носителя;

$U_{\text{эк}}(t)$ - сигналы на выходе передающих устройств отдельных каналов;

$U(t)$ - суммарный сигнал в линии связи.

Модуляция – процесс материализации информации путём изменения параметров физических процессов, колебаний или импульсных последовательностей. Обратная операция восстановления величины, вызвавших изменение, параметров при модуляции называется демодуляцией.

Сигналами называются физические процессы, параметры которых содержат информацию.



В исходном состоянии эти носители представляют собой как бы чистую поверхность, приготовленную к нанесению необходимых данных – модуляции.

Последнее заключается в том, что изменяется какой-либо один или несколько (сложная модуляция) параметров носителя в соответствии с представляемой информацией.

Эти параметры называются информационными. Если $a_1 \dots a_n$ - параметры, то носитель как функция времени:

$$U_H = g(a_1 \dots a_n, t).$$

Модулированный носитель (сигнал) имеет вид: $U_x = g[a_1 \dots a_i + \Delta a(t), \dots a_n(t)]$, где $\Delta a_i(t)$ - переменная составляющая параметра носителя, несущая информацию или модулируемая функция.

Последняя обычно связана с информационной (управляющей) функцией X линейной зависимостью:

$$\Delta a_i = k \cdot x, \text{ где } k - \text{коэффициент пропорциональности.}$$

Пример:

1) Только один информационный параметр – это величина напряжения передачи данных. При этом может изменяться и полярность напряжения.

2) Колебания – три параметра:

U – амплитуда, φ - фаза, частота – ω .

$$T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

3) Последовательность импульсов:

амплитуда U ;

фаза импульсов φ ;

частота импульсов f ;

длительность или пауза τ ;

число импульсов n ;

Комбинация импульсов и пауз определяющая код к так называемой кодоимпульсной модуляции.

Сигнал в одном канале описывается выражением:

$U_x(t) = g[a_1 \dots a_k(t) \dots a_j, a_n]$, где параметр $a_k(t)$ передаёт информацию, а параметр a_j или несколько параметров могут быть использованы для характеристики индивидуальных каналов.

Таковыми параметрами могут быть принадлежность к определённой электрической цепи, а частота или фаза носителя положения на временной оси, форма и т.д.

Каждому каналу соответствует определённое значение a_{jk} или область значений Δa_{jk} параметра a_j .

При использовании этого обозначения выражение для сигнала k -го канала принимает вид:

$$U_{xk}(t) = g[a_1 \dots a_k(t) \dots a_{jk}(t) \dots a_n] \text{ или сокращённая:}$$

$$U_{xk}(t) = g[a_k(t)].$$

В линию связи поступает составной сигнал, обычно представляющий собой сумму сигналов отдельных каналов:

$$U(t) = \sum_k g_k[a_k(t)].$$

Процесс разделения можно рассматривать как фильтрацию, осуществляющую выделения U_{xk} (или сигнала датчика U_k).

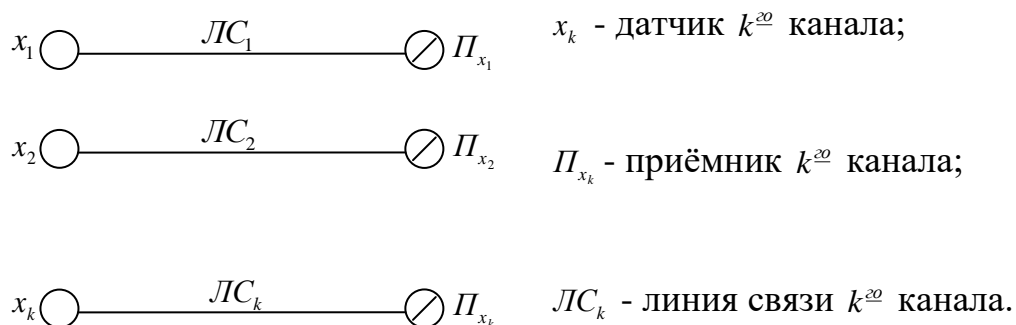
$$\Phi_k \left\{ \sum_k g_k[a_k(t)] \right\} = g_k[a_k(t)].$$

В зависимости от вида операндов фильтрации Φ_k , определяемого в свою очередь выбранным параметром a_j . Различают следующие методы разделения каналов:

- пространственное (схемное);
- дифференциальное;
- частотное;
- временное;
- по уровню;
- фазовое;
- кодовое;
- корреляционное.

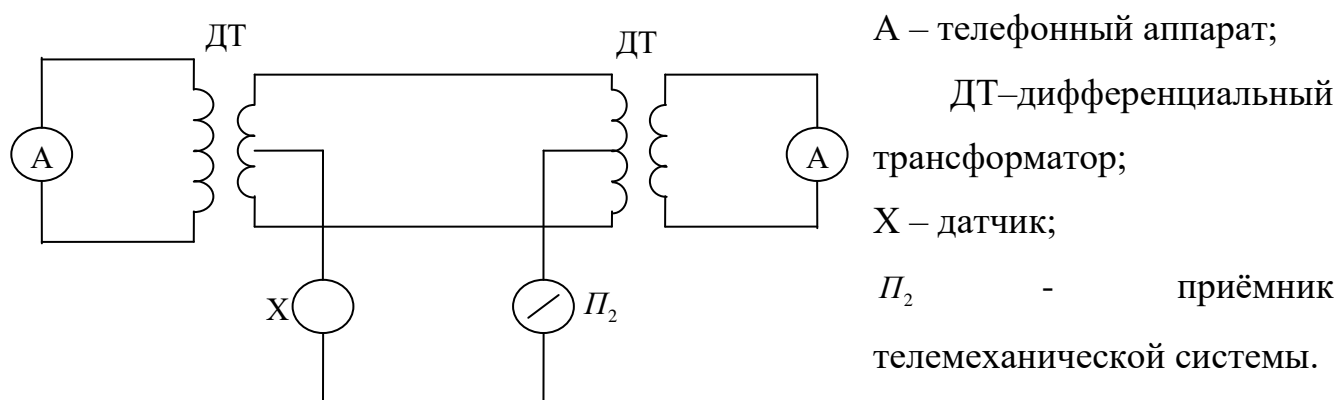
Пространственное разделение.

Это простейший вид разделения, при котором каждому каналу отводится индивидуальная линия связи (ЛС).



Другие формы разделения каналов предполагают передачу сообщений по одной ЛС. В связи с этим многоканальную передачу называют также уплотнением каналов.

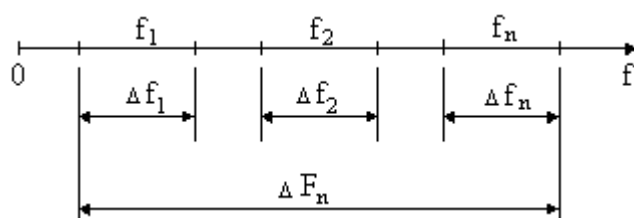
Дифференциальное разделение.



Телемеханические сигналы (благодаря дифференциальному подключению) не создают помех в первичных цепях дифференциальных трансформаторов, связанных с телефонными аппаратами А и также телеграфные аппараты не создают помех в телемеханических цепях.

Частотное разделение

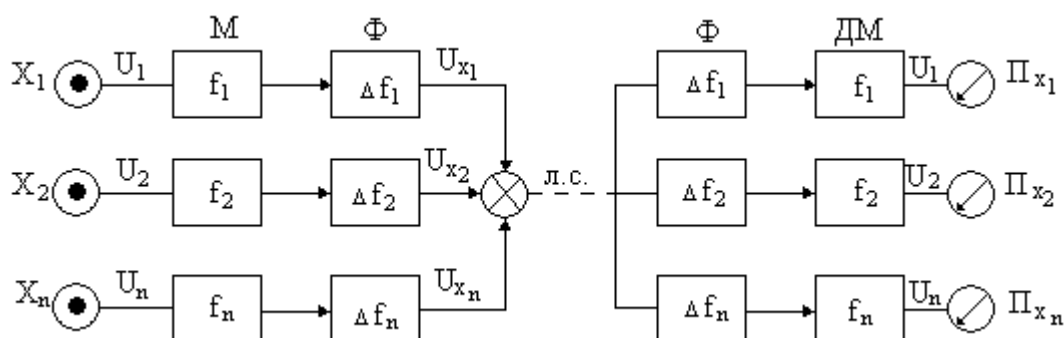
При частотном разделении для различных каналов отводятся



непересекающиеся участки $\Delta f_1, \Delta f_2, \dots, \Delta f_n$ на частотной шкале f .

Спектры сигналов U_{xk} соответствующих каналов должны укладываться в пределы Δf_k . Полоса пропускания линии связи $\Delta F_{л}$ определяется крайними частотами (минимальной частотой интервала Δf_1 и максимальной частотой интервала Δf_n).

Многоканальная схема с частотным разделением



M – модуляторы

$ДМ$ – демодуляторы

Φ - фильтры

X_k – датчик k -го канала

Π_{xi} – приемник i -го канала

Низкочастотные сигналы U_k датчиков X_k модулируют по амплитуде или частоте, высокочастотные сигналы f_1, f_2, \dots, f_n , которые вырабатываются специальными генераторами сигналов на выходе модуляторов M , имеют спектры Δf_k , положение которых на шкале частот определяется несущими частотами f , а ширина зависит от ширины спектра сигналов датчика.

Полосовые фильтры Φ передающей части служит для отражения полосы частот своих каналов.

На приемной стороне фильтры Φ разделяют сигналы, которые пройдя демодуляторы $ДМ$, могут быть восприняты приемными устройствами U_{xk} .

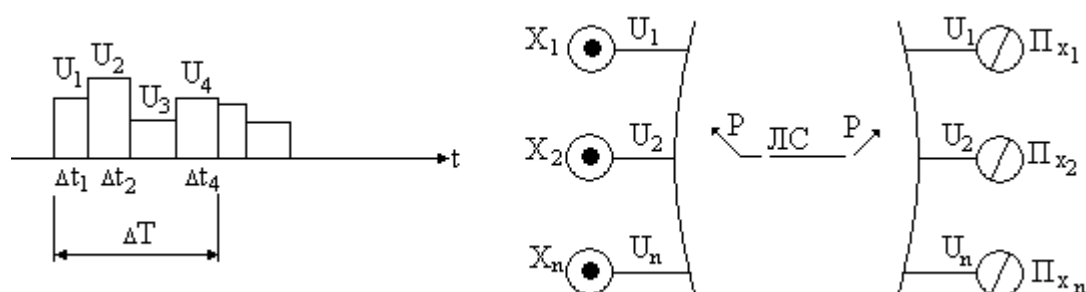
Большим преимуществом систем с частотным разделением является возможность одновременной передачи сигналов, относящихся к разным каналам.

Второе их достоинство состоит в возможности передачи сигналов от рассредоточенных объектов.

Их недостаток – сравнительно большое взаимное влияние каналов из-за перекрытия спектров сигналов, неидеальности полосовых фильтров и появления паразитных частотных составляющих вследствие нелинейности электрических цепей (так называемая перекрестная модуляция).

Временное разделение

При временном разделении сигналы U_{xk} датчиков передаются только в



отведенных для них непересекающихся отрезках времени Δt_k .

P – распределитель

X_k – датчик k -го канала

Π_{xk} – приемник информации k -го канала

ЛС – линия связи

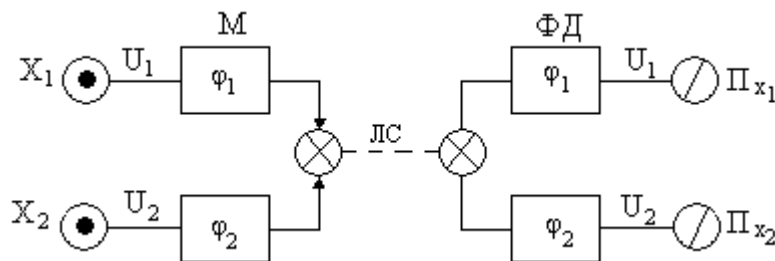
Разделение осуществляется разделителями P , которые должны быть строго синхронизированы (т.е. работать с одинаковой скоростью) и синфазированы (работать без сдвига).

Взаимное влияние каналов при временном разделении обычно не значительно, что позволяет строить системы с большим количеством каналов.

Благодаря этому обстоятельству, а также простоте технических средств этот метод очень широко применяется. Однако он эффективен лишь при сосредоточении параметров в одном месте – вблизи коммутаторов.

Фазовое разделение

Фазовое разделение применяют в двухканальной системе с синусоидальными



сигналами, фазы которых различаются на 90° .

М – модуляторы

ФД – фазовые детекторы

X_k – датчик k-го канала

Π_{xk} – приемник информации k-го канала

ЛС – линия связи

Сигналы датчиков X_k модулируют амплитуду синусоидальных носителей, различающихся по фазе.

Таким образом, сигналы U_{xk} на выходе модуляторов имеют амплитуды, определяемые модулирующими функциями датчиков, и фазы соответственно:

$$\varphi_1 \text{ и } \varphi_2 = \varphi_1 + \pi/2$$

$$U_{x1} = U_1 \sin \omega_0 t$$

$$U_{x2} = U_2 \sin(\omega_0 t + \pi/2) = U_2 \cos \omega_0 t$$

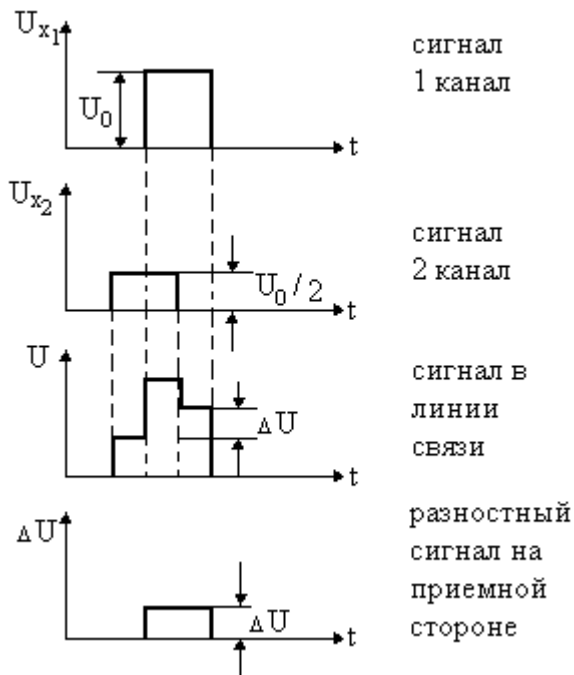
Фазовые детекторы ФД выделяют соответствующие модулирующие функции: U_1 и U_2 .

Разделение по уровню

В системах с разделением по уровню параметром разделения служит амплитуда сигналов, принимающая ряд дискретных значений, а полезная информация может содержаться в длительности сигналов.

Сигналы первого канала имеют уровень (амплитуду) U_0 , сигналы второго канала $U_0/2$, третьего $U_0/2^2$, n-го канала $U_0/2^{n-1}$

Пример: рассмотрим двухканальную систему



$$U_{x2} = U - 2\Delta U$$

Сигнал первого канала получается как разность $U_{x1} = U - U_{x2}$

При $n > 2$ для разделения применяется несколько диодных ограничителей и схем вычитания.

Кодовое разделение

При кодовом разделении адрес нужного канала указывается кодированным сигналом, посылаемым в линию связи. Различие на приемной стороне осуществляется декодирующим устройством, направляющим сообщения по выбранному каналу. Код адреса может быть как последовательным, так и параллельным. В последнем случае используется отдельная линия связи или индивидуальный частотный канал на каждый разряд кода.

Кодовое разделение каналов позволяет производить опрос каналов в произвольном порядке, что делает удобным его использование в системах опроса по вызову и в системах с последовательно-временными адаптациями, в которых частота опроса каждого канала зависит от внешних возбудителей и статистических свойств микропроцесса.

Оба сигнала могут быть сдвинуты относительно друг друга, и иметь различную длительность.

В линию связи поступает сигнал $U = U_{x1} + U_{x2}$. На приемной стороне из линейного сигнала выделяется с помощью двух диодных ограничителей разностный сигнал ΔU .

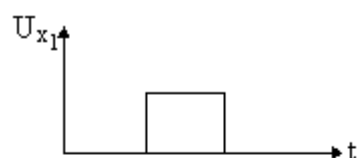
Сигнал второго канала U_{x2} получается путем вычитания из U удвоенного значения ΔU .

Разделение по форме

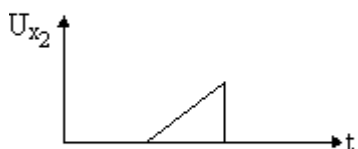
Для разделения сигналов, различающихся формой, используются операции, наиболее чувствительные к изменению формы – обычно

- Дифференцирование
- Интегрирование
- Вычитание

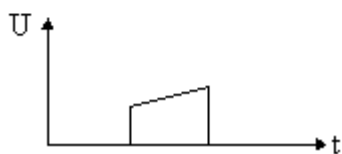
Пример. Рассмотрим процедуру разделения, когда функции носителя образуются путем последовательного дифференцирования



A) $U_{x1}(t) = U_1$



Б) $U_{x2}(t) = U_2 t$



В линию связи
поступает сумма (В)
В) $U(t) = U_1 + U_2 t$

Процесс разделения имеет целью выделения информационных параметров U_1 и U_2 .

Выделение U_2 осуществляется путем дифференцирования функции $U(t)$.
Интегрирование U_2 восстанавливает переданный сигнал второго канала $U_{x2}(t)$.

U_1 получается путем вычитания $U_{x2}(t)$ из $U(t)$.

Корреляционное разделение

В последнее время получили распространение корреляционные методы разделения каналов.

В ряде случаев сигналы отдельных каналов могут быть представлены в виде: $U_{xk}(t) = g_k[a_k(t)] = a_k(t)g_k(t) = U_k(t)g_k(t)$

Где функция $g_k(t)$ описывает носитель с некоторой данной величиной разделяющего параметра a_{jk} .

А информационный параметр $a_k(t)$, модулирующий функцию $g_k(t)$ по амплитуде, равен сигналу $U_k(t)$ соответствующего датчика.

Этот параметр представляет собой функцию времени, медленно изменяющуюся по сравнению с $g_k(t)$ и его можно считать постоянным.

Сигнал в линии представляет собой линейную комбинацию функции g_k

$$U(t) = \sum_k U_k g_k(t)$$

Если $g_k(t)$ линейно независимы, они могут быть разделены линейными фильтрами. Также многоканальные системы передачи носят название линейных систем. К линейным системам относятся, в частности, системы с частотным, временным, фазовым разделением и разделением по форме.

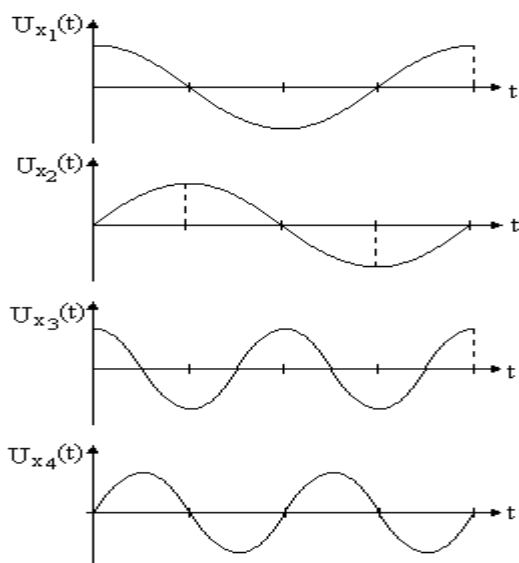
Важной разновидностью линейно независимых сигналов являются ортогональные сигналы, для которых существует общий метод разделения, основанный на применении операторов корреляционной фильтрации к сигналу, поступающему из линии связи.

Пример Ортогональную систему образуют следующие функции

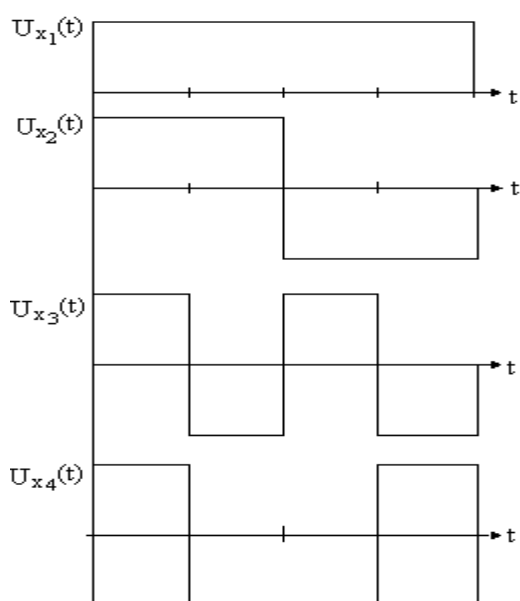
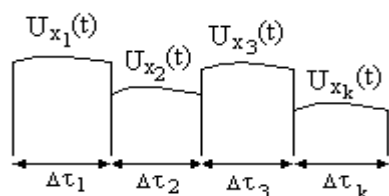
1. Бесконечное множество функций

$$\cos(k\omega t), \sin(k\omega t)$$

где k – целое неотрицательное число, ортогонально на интервале $0 < t < 2\pi/\omega$



Носитель с такими функциями
используется в устройствах с частотным и
фазовым разделением



2. Множество произвольных функций,
определенных на непересекающихся
интервалах времени, а в остальное

время тождественно равных нулю,
также представляет собой
ортогональную систему при $i \neq j$

$$g_i(t) \cdot g_j(t) \equiv 0$$

3. Множество, состоящее из дискретных
знакопеременных функций, которые
можно получить с помощью n -
разрядного счетчика в режиме
вычитания, находящегося

первоначально в заполненном состоянии

Ортогонально на заданном интервале $T = n \cdot \tau$

τ -длительность импульса младшего разряда.

Коды, соответствующие этим последовательностям относятся к групповым и
носят название кодов Рида-Мюллера 1-го порядка

4. Ортогональными на определенных интервалах являются многие специальные функции: полиномы и функции Лежандра, Чебышева, Якоби, Эрмитта, Лагерра, Хаара, Уолша, Радемахера и др.

Ортогональную систему удобно использовать в нормализованном виде, при котором выполняется условие

$$\int_{T_1}^{T_2} g_k^2(t) dt = 1$$

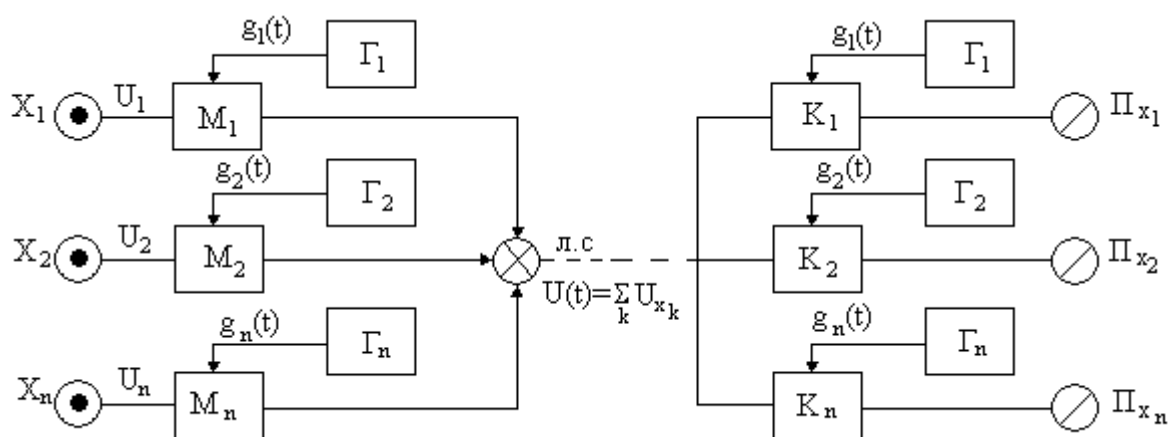
Если $\varphi_k(t)$ – ненормализованная ортогональная функция, то операция интегрирования осуществляется путем умножения на коэффициент

$$\lambda_k = \frac{1}{\sqrt{\int_{T_1}^{T_2} \varphi_k(t) dt}} = 1$$

В этом случае в линию поступает сигнал вида

$$U_{kx}(t) = U_k \lambda_k \varphi_k(t) = U_k g_k(t)$$

где $g_k(t)$ – уже является нормализованной. Умножение сигнала линии на все функции $g_k(t)$ обеспечивает полное разделение любых ортогональных сигналов. Оператор разделения Φ_k , выполняющий это преобразование, определяет по



существу степень взаимной корреляции сигналов $U(t)$ и $g(t)$.

Таким образом, многоканальная система на передающей стороне содержит генераторы Γ_k ортогональных функций и модуляторы M с нормализаторами, а на приемной стороне – такие же генераторы Γ_k и корреляторы K_n .

Эффективность корреляционного метода разделения состоит в том, что он позволяет значительно ослабить влияние паразитных помех, а это особенно существенно в случае перекрещивающихся спектров сигналов.

Поэтому он в ряде случаев более эффективен, чем другие методы, например, частотные методы с применением фильтров.

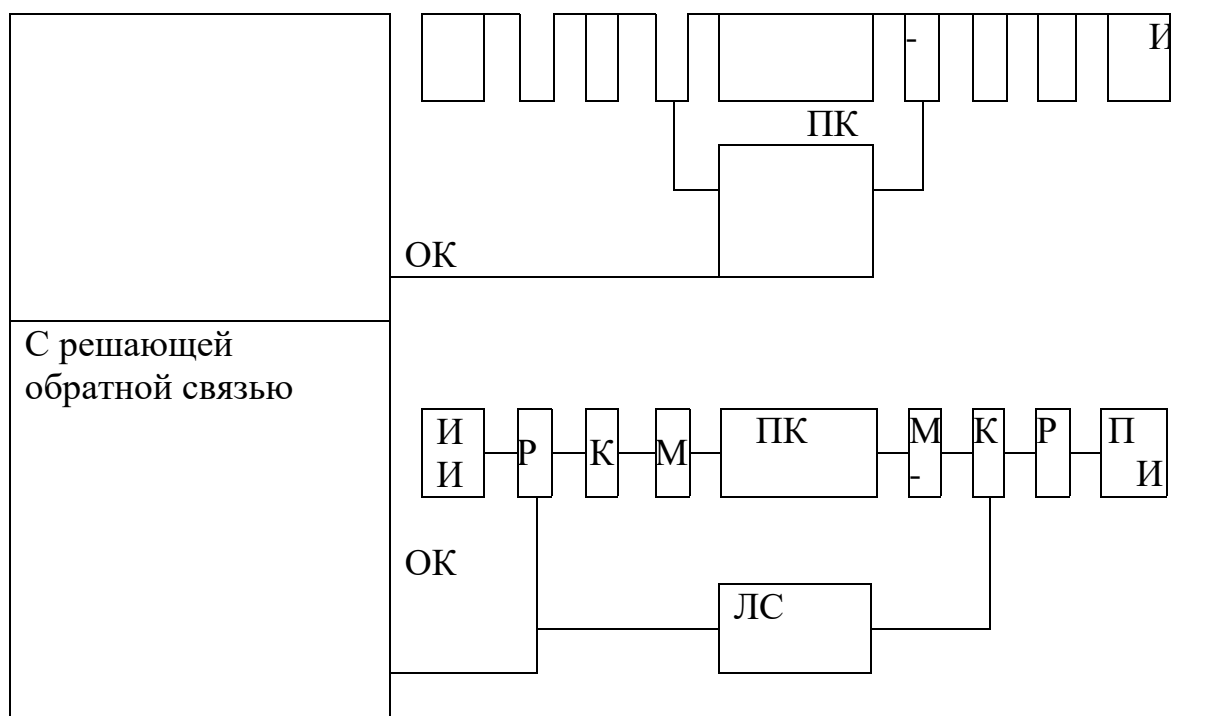
2.3.2 Варианты структур каналов передачи информации.

Канал передачи информации состоит:

- из линии связи
- модулятора
- демодулятора (кроме случая, когда для передачи используется простая модуляция, при которой сигнал в линии совпадает с сигналом датчика)
- кодирующего устройства
- декодирующего устройства
- решающие устройства, позволяющие с высокой степенью достоверности принять и прочесть сообщения.

Для повышения надежности передачи применяются также каналы обратной связи.

Вид структур	Схема
Элементарная	
С модуляцией	
С модуляцией кодированием	
С решателем на приеме	
С решателем на приеме и передаче	
С информационной Обратной связью	



M^- –демодулятор

K^- - кодер

K^- - декодер

P^- - решающее устройство на приеме

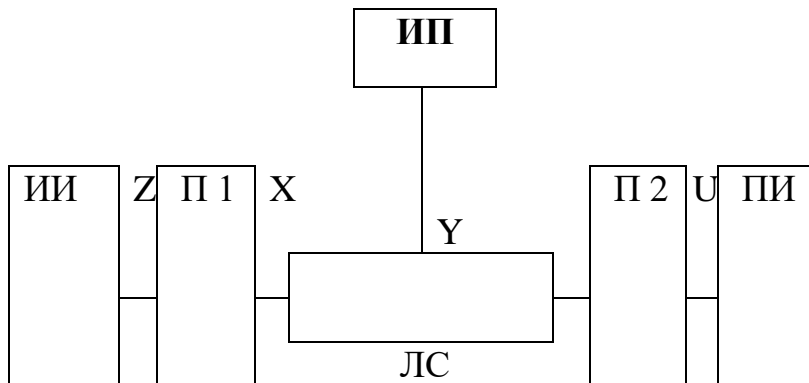
P - решающее устройство на передаче

ПК- прямой канал

ОК – обратный канал

Решающие устройства P и P^- служат для классификации сомнительных сигналов, отождествляя их с достаточно высокой степенью достоверности с состоянием источника информации или с определенным кодом.

Информационная модель канала



ИИ – источник информации издает сигналы Z , которые после кодирования и модуляции в преобразователе П 1 превращается в сигнал X и поступает в линию связи ЛС. Для удобства сигналы источника будем называть **сообщениями**, а сигналы X в линии связи – просто сигналами.

В результате действия помех сигнал Y на приемной строке отличается от X . Помехи имеют случайный характер и подчиняются статистическим законам. Удобно условно считать, что помехи издаются некоторыми воображаемыми источниками помех ИП с определенными статистическими свойствами и поступают в линию связи в виде мешающего сигнала ξ .

Приемная сторона содержит преобразователь, демодулирующий и декодирующий принятые сигналы Y , и приемник информации ПИ, перерабатывающий принятые сообщения U . Если канал используется для передачи кодо-импульсных сигналов, он называется дискретным. Если же передаваемые сигналы имеют непрерывный характер, канал называется непрерывным.

Для организации эффективной передачи информации по каналу требуется решение следующих проблем:

- определение максимально возможной скорости передачи информации по каналу;
- разработка кодов, позволяющих увеличить скорость передачи информации;

-согласование канала с источником с целью передачи информации с минимальными потерями.

Решение этих задач зависит от свойств источника, уровня и характера помех. Если уровень помех мал и, искажениями сигнала можно пренебречь, канал называется каналом без помех.

Отметим, что если источник информации вырабатывает непрерывную функцию $Z(t)$, то путем ее дискретизации по оси времени t и квантования по уровню, всегда можно перейти от непрерывного канала к дискретному. Дискретный источник информации характеризуется **алфавитом** символов $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ из которых строятся сообщения и **вероятностями** создания отдельных символов (которые могут зависеть от того, какие символы были переданы ранее).

Преобразователь П1 содержит кодирующее устройство, преобразующее сообщение Z в сигналы X , состоящие из символов другого алфавита $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ (в частном случае алфавит X может совпадать с алфавитом Z , т. е. $m = n$).

Статистические свойства источника сигнала, которым является вся схема на входе линий связи (источник информации + преобразователь) в общем случае отличается от статистических свойств источника сообщения.

Можно показать, что выбором подходящего кода можно повысить скорость передачи информации по каналу.

В случае непрерывного сигнала преобразователь П1 может содержать модулирующее и преобразующее устройства, изменяющие статистические характеристики непрерывного сигнала.

Важной характеристикой канала является пропускная способность C , которая определяется как наибольшая скорость передачи информации по данному каналу

$$C = v_x \cdot \max\{I(Y, X)\},$$

здесь v_x -средняя скорость передачи по каналу элементарных сигналов (символов).Эту скорость можно выразить через среднюю продолжительность символов $\bar{\tau}_x$ передаваемого сигнала: $v_x = \frac{1}{\bar{\tau}_x}$

При одинаковой продолжительности τ_x всех передаваемых символов $\bar{\tau}_x = \tau_x$. Но в ряде случаев символы могут иметь различную длительность (например при температурной передаче). Тогда вычисляют τ_x . Через $\max\{I(Y, X)\}$ обозначено максимально возможное значение среднего количества информации, содержащееся в одном символе принятого сигнала.

Максимум функционала $I(Y, X)$ на множестве функций распределения вероятностей $\{P(x)\}$ между символами алфавита X (или других возможных алфавитов) источника сигнала. Количество информации $I(Y, X)$ переносимое одним символом, равно уменьшению степени неопределенности нашего знания о передаваемом сигнале в результате приема. Неопределенность не устраняется полностью, т. к. принятый сигнал может оказаться искаженным помехой, это количество информации равно:

$$I(Y, X) = H(X) - H(X|Y) ,$$

где $H(X)$ – энтропия источника сигналов, характеризующая среднюю неопределенность сигнала до приема

$H(X, Y)$ – средняя условная энтропия ансамбля сигналов x при известных принятых сигналах y , характеризующая остаточную среднюю неопределенность передаваемых сигналов, если известны принимаемые. Отсюда видно, что среднее количество информации, содержащееся в символе зависит от распределения вероятностей между возможными символами, вырабатываемые источником сигналов, и от характера и уровня шумов, которые определяют условную энтропию $H(X, Y)$. Скорость v_x определяется только свойствами канала и не зависит от источника сигналов. Тоже самое можно сказать и о значении $\max\{I(Y, X)\}$, которое также не зависит от применяемого источника, т. к. эта

величина есть максимум средней информации, которая может быть передана по каналу одним символом при оптимальном источнике.

|| Таким образом, пропускная способность зависит исключительно от канала.

Чаще всего рассматривают 3 вида каналов:

- дискретный канал без помех
- дискретный канал с помехами
- непрерывный канал с помехами

Эти вопросы в теории передачи информации глубоко исследовал Шеннон.

Это специально изучается в специальных курсах.

Согласование характеристик сигнала и канала

Сигнал может быть охарактеризован различными параметрами (которых очень много).

Рассмотрим 3 основных параметра сигнала, существенных для передачи по каналу.

1. Первым параметром является время передачи сигнала.
2. Второй характеристикой, которую приходится учитывать является мощность P_x сигнала, передаваемого по каналу с определенным уровнем помех P_ξ .

но использовать отношение $\frac{P_x}{P_\xi}$, а логарифм этого отношения, называется превышением символа над помехой

$$L_x = \log_a \left(\frac{P_x}{P_\xi} \right).$$

3. Третьим важным параметром является спектр частот F_x .

Эти 3 параметра позволяют представить любой сигнал в трехмерном пространстве с координатами L, T, F в виде параллелепипеда с объемом L_x, T_x, F_x .

Данное произведение носит название объема сигнала и обозначается через V_x

$$V_x = L_x \cdot T_x \cdot F_x.$$

Соответственно канал связи может быть охарактеризован:

- временем использования канала T_k (т.е. временем, в течение которого канал предоставлен для работы)
- полосой пропускания F_k
- динамическим диапазоном L_k равным разности максимально допустимого уровня сигнала в канале и уровня помех (в логарифмическом масштабе)

$$L_k = \log_a P_{x \max} - \log_a P_\xi = \log_a \frac{P_{x \max}}{P_\xi}$$

Таким образом, канал также можно охарактеризовать объемом

$$V_k = T_k \cdot F_k \cdot L_k$$

Для того, чтобы сигнал мог быть передан по каналу, необходимо выполнить условия:

$$T_x \leq T_k; F_x \leq F_k; L_x \leq L_k \quad (1)$$

т. е. сигнал должен полностью уместиться в объеме V_k .

При этом, конечно $V_x \leq V_k$ однако только этого условия недостаточно.

Если $V_x \leq V_k$, но условие f не выполняется, то сигнал может быть определенным

образом преобразован, так что передача окажется возможной.

Рассмотрим связь между количеством информации и объемом сигнала

Максимальное количество информации, которое можно передать по каналу связи в

течение времени наблюдения $T_k = T_x$ равна

$$I = T_x \cdot C = T_x \cdot f_m \cdot \log \left(1 + \frac{P_x}{P_\xi} \right),$$

здесь $2f_m$ есть скорость передачи отсчетов x_i функции $x(t)$ по каналу, численно равная удвоенной максимальной частоте спектра сигнала $y(t)$.

В предельном случае ширина спектра сигнала, состоящего из последовательности

импульсов составляет $F_x = f_m$.

Таким образом, полоса частот, требуемая для передачи информации составляет

$$F_x = f_m$$

$$\text{Для } \frac{P_x}{P_\xi} \gg 1 \quad I = T_x \cdot F_x \cdot \log \frac{P_x}{P_\xi} = T_x \cdot F_x \cdot L_x = V_x$$

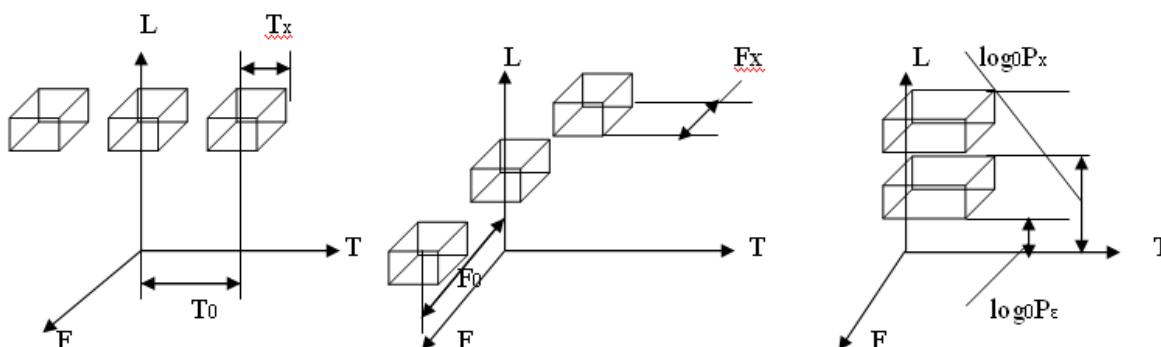
При полном использовании характеристик канала $V_x = V_k$.

Следовательно, при увеличении отношения сигнал/шум предельное количество

информации, которое можно получить при наблюдении за процессом стремится к объему канала.

Рассмотрим, какие преобразования объема сигнала применимы с целью согласования с каналом, чтоб выполнить условие 1.

Преобразования переноса без изменения формы и объема сигнала.



перенос по времени перенос по оси частот перенос по шкале прерываний

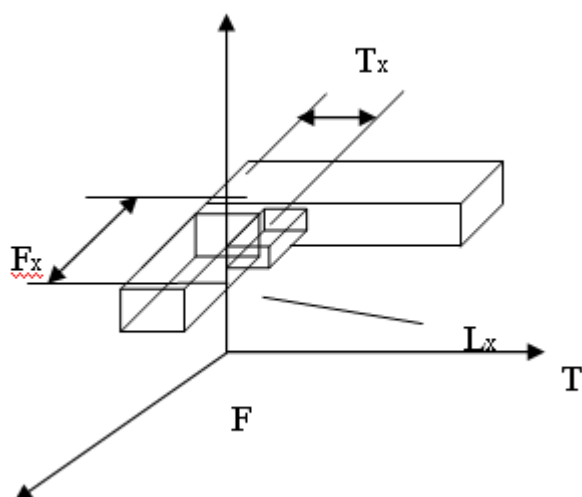
Перенос вдоль оси времени вправо означает задержку по времени T_0 . Перенос влево соответствует опережению. Случай $T_0 = 0$ означает, что передача началась в момент времени $t = 0$.

Перенос по оси частот F соответствует однополосовой модуляции с несущей частотой F_0 .

Спектр сигнала F_x при этом остается неизменным.

Перенос вдоль оси L означает усиление или ослабление сигнала, содержащего помеху, так что превышение остается прежним.

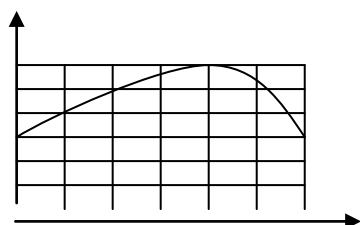
Рассмотрим теперь преобразования деформации без изменения объема сигнала.



Показана возможность деформации объема путем увеличения измерения F_x и соответствующее уменьшение измерения T_x и наоборот, увеличение T_x и уменьшение F_0 по сравнению с первоначальными размерами.

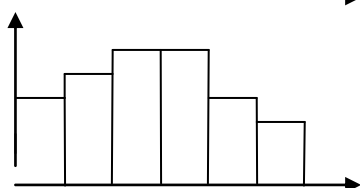
ПРИМЕР. Согласование объемов сигнала и канала.

1. Запись сообщения на магнитную ленту перемещающуюся с повышенной скоростью V_2 , и последующее воспроизведение с нормальной скоростью V_1 .
При этом время передачи (воспроизведение) возрастает в $\frac{V_2}{V_1}$ раз, во столько же раз уменьшается полоса частот воспроизводимого сигнала. Такое преобразование позволяет согласовать сигнал с каналом, имеющим полосу пропускания меньше, чем спектр первоначального сообщения.
2. Наоборот, если полоса пропускания канала не используется полностью, можно сократить время передачи, записывая сигнал на ленту, движущуюся замедленно, а затем воспроизводя его с нормальной скоростью.
3. Изменение системы кодирования.



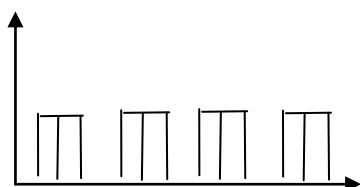
Предположим, что максимальное значение функции $z(t)$ сообщения есть z_m и кодирование осуществляется в

системе счисления $m = \frac{z_m}{\Delta z} + 1$, т. е. сигнал $x(t)$, в линии



представляет собой закодированную последовательность z^* отсчетов функции $z(t)$. Тогда переход от системы

счисления с основанием $h=m$ к двоичной



$h=2$ позволяет уменьшить среднюю мощность закодированного сигнала и,

следовательно, уменьшить превышение $L_x = \log_a \left(\frac{P_x}{P_\xi} \right)$.

Но если время передачи остается неизменным, в интервале ΔT должен будет уместиться не один импульс, а $l = \log_a m$ импульсов. При этом ширина каждого импульса уменьшается, а спектр сигнала увеличится в l раз и будет $F'_x = l \cdot F_x$. Если же мы хотим оставить неизменным спектр F_x , должно быть увеличено время $T'_x = l \cdot T_x$.

2.3.3 Повышение помехоустойчивости передачи и приема

Повышение помехоустойчивости является одной из наиболее важных задач передачи информации. Увеличение помехоустойчивости не дается даром. Оно связано с введением определенной избыточности, т. е. с увеличением объема сигнала. Если емкость канала это допускает, могут быть приняты меры, повышающие надежность передачи.

Отметим основные меры:

1. Простейшей мерой является увеличение мощности сигнала. Это приводит к дополнительному превышению L_x сигнала под помехой и соответствующему увеличению объема сигнала.
2. Применение помехоустойчивого кодирования. Помехоустойчивое кодирование всегда связано с введением избыточных сигналов в код передаваемого сообщения. Эти символы позволяют на приемной стороне обнаружить и исправить ошибки. Введение дополнительных символов увеличивает либо время передачи T_x , либо частоту f_m передачи символов кода, что приводит к расширению спектра F_m , либо то и другое одновременно.
3. Применение помехоустойчивых видов модуляции. Большая помехоустойчивость отдельных видов модуляции достигается либо благодаря широкому спектру F_x модулированного сигнала (частотная, фазовая, фазо-импульсная и др. виды модуляции), либо путем увеличения времени T_x передачи (например, при использовании для кодо-импульсной модуляции достаточно широких импульсов, что уменьшает спектр, но увеличивает длительность передачи).
4. Применение помехоустойчивых методов приема. Применение различных методов фильтрации принимаемого сигнала увеличивает помехоустойчивость, но связано с увеличением времени приема и, следовательно, требует увеличения времени передачи T_x .
5. Применение каналов с обратной связью. В ряде случаев обратный канал может иметь большую надежность, чем прямой, либо в связи с малым объемом

информации, передаваемой по нему, что дает возможность использовать помехоустойчивые методы передачи, либо в связи с различием характеристики этих каналов (приемо-передающих средств). Это обязательство позволяет повысить надежность прямой передачи. По каналу обратной связи может передаваться либо весь объем принимаемой информации с целью контроля работы прямого канала и принятия мер по повышению достоверности передачи, либо только информации о сомнительных сигналах, которые требуется повторить.

В последнем случае на приемной стороне включается решающее устройство, дающее заключение о том, какой сигнал был передан. Если уверенность в переданном сигнале достаточно велика, обратный сигнал не посылается, если же уверенность недостаточна, делается запрос на повторную передачу.

Системы первого типа называются системами с информационной обратной связью (по обратному каналу информация полностью дублируется и по передающей стороне решается, по качеству передачи системы второго типа - системы с решающей или управляющей обратной связью), или системами с переспросом. В последних могут эффективно применяться статистические методы приема (например, последовательный анализ), позволяющие значительно увеличить помехоустойчивость.

1. Два канала

2. Увеличение времени

Схема помехоустойчивого приема

Задача помехоустойчивого приема состоит в использовании избыточности, а также имеющихся сведений о свойствах и характеристиках сигнала и канала для увеличения вероятности правильного приема используем обозначения :

U_x – переданный сигнал

U_ξ - помеха

U_y – принятый сигнал по приемному устройству

В процессе передачи на сигнал $U_x(t)$ накладывается помеха $U_\xi(t)$, в результате чего принимается искаженный сигнал

$$U_y(t) = U_x(t) + U_\xi(t)$$

Задача состоит в том, чтобы определить, содержится ли в принятом сигнале $U_y(t)$ полезный сигнал $U_x(t)$ или $U_y(t)$ – представляет только шум. Такую задачу называют задачей обнаружения сигнала. Задача обнаружения не имеет точного решения, так как всегда имеется вероятность (пусть малая), что всплеск шума будет отождествлен с полезным сигналом.

Для уменьшения вероятности ошибки может быть произведено такое преобразование сигнала $U_y(t)$, которое увеличивает отношение полезной составляющей к помехе. Такого типа преобразования будем называть фильтрацией.

Таким образом, блок схему приемного устройства можно представить в виде последовательного соединения фильтра A и решающего устройства P .

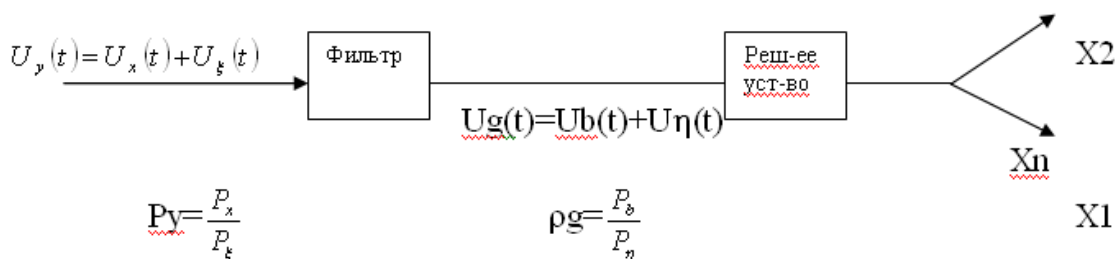


Схема.

На вход фильтра поступает сигнал

$$U_y(t) = U_x(t) + U_\xi(t)$$

Отношение мощности сигнала к мощности помехи

$$P_y = \frac{P_x}{P_\xi}$$

На входе фильтра имеем сигнал

$$U_g(t) = U_b(t) + U_\eta(t),$$

в котором слагаемое $U_b(t)$ характеризует полезную составляющую, связанную с $U_x(t)$,

а $U_\eta(t)$ – шум, связанный с помехой $U_\xi(t)$. Отношение $\rho_g = \frac{P_b}{P_\eta}$ для выходного

сигнала фильтра имеет большую величину, чем ρ_y

$$\rho_g > \rho_y$$

Решающее устройство определяет значение X

$$X_2 = 1 \quad \text{или} \quad X_1 = 0 - \text{наличие или отсутствие полезного сигнала } U_x(t) \text{ в}$$

принятом сигнале $U_y(t)$.

Основные методы фильтрации:

- частотная фильтрация (частотные полосовые фильтры, настроенные на частоту сигнала)
- метод накопления (многократное измерение передаваемого импульса)
- временная фильтрация (корреляционный метод фильтрации, с учетом, что автокорреляционная функция помехи убывает при $\tau \rightarrow \infty$, τ - время сдвига)
- согласованная фильтрация (фильтр, имеющий определенную переходящую функцию)

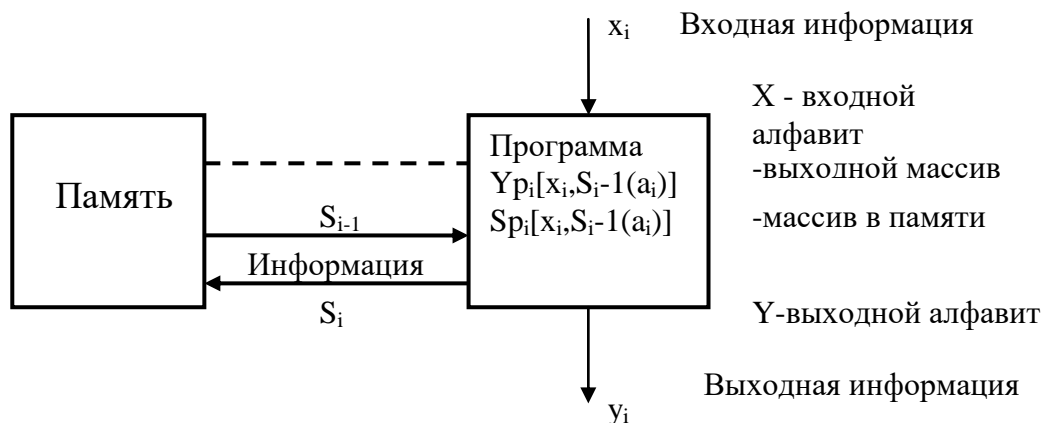
(белый шум)

- потенциальная помехоустойчивость (согласование с сигналом приема по Котельникову).

2.4 Обработка информации

В общем случае, под обработкой информации понимается такой процесс преобразования информации, в результате которого содержание её станет максимально подготовленным для восприятия человеком или выражает узнаваемое воздействие.

Количество информации в процессе обработки, как правило, уменьшается, зато ценность и содержательность её возрастает.



a_i - адресная часть ячейки памяти, содержимое которой $S(a_i)$ необходимо для обработки X

r_i - номер величины по которой должен обрабатываться входной массив X_i

X - входной алфавит

Y - выходной алфавит

$Y_{r_i}[x_i, S_{i-1}(a_i)]$ - выходной массив

$Sp_i[x_i, S_{i-1}(a_i)]$ - массив в полях

Процессы обработки информации, производимые человеком или в информационных системах, полученных для решения целого класса задач, осуществляется по определённым законам, называемыми алгоритмами.

- Языки программирования

- Временные обработки
- CAM
- CASE
- целая отрасль индустриализации
- информационные технологии
- информационно-промышленная революция
- построение информационного общества
- информационно бытовых средств человека
- образование
- телекоммуникации и информационное воздействие

Эффективность многопроцессорных систем и многомашинных комплексов

Данные системы и комплексы являются средствами, реализующие быстро развивающиеся методы высокопроизводительной и высоконадёжной параллельной обработки информации.

К хорошо распространяемым запросам относится:

- образование матриц
- нахождение собственных векторов
- обработка большого количества независимых наборов данных (например, запрет целого характера по большому числу объектов)
- решение задач систем алгебраических уравнений
- вычисление значений полиномов
- поиска информации в многомерных банках данных
- управление воздушным движением и т.д.

Многопроцессорной системой называется ЭВМ с двумя или более процессами, которые функционируют под управлением единой операционной системы на основе совместного использования оперативной памяти и периферийных устройств.

Несколько независимых ЭВМ со своими процессорами, оперативной памятью, каналами ввода-вывода с периферийными устройствами, объединяются в многомашинном комплексе.

В составе комплекса могут быть одно и многопроцессорные ЭВМ. В результате чего обеспечивается непрерывность работы системы во времени. Коэффициент готовности многопроцессорной системы выше аналогичного показателя для однопроцессорной системы.

При равном числе процессоров показатель надёжности многопроцессорных систем в общем случае ниже одноименных показателей многомашинных комплексов, что объясняется большим числом внутренних связей в многопроцессорных системах и, следовательно, большой вероятностью нарушения хотя бы одной из них.

По критерию стоимость-производительность при равном числе и идентичных характеристиках процессоров многопроцессорные системы эффективнее многомашинных комплексов.

Здесь под производительностью понимается средняя скорость обработки входного потока задач.

При равной производительности стоимость многопроцессорных систем ниже стоимости однопроцессорной ЭВМ за счет более простой структуры процессоров.

При одинаковых параметрах процессоров система со многими процессорами имеет более высокую производительность по сравнению с однопроцессорной системой за счёт совмещенной обработки задач обеспечиваемой их распараллеливанием.

Их объединение осуществляется через общие внешние запоминающиеся устройства. Кроме того машины в комплексе могут иметь общее поле оперативной памяти.

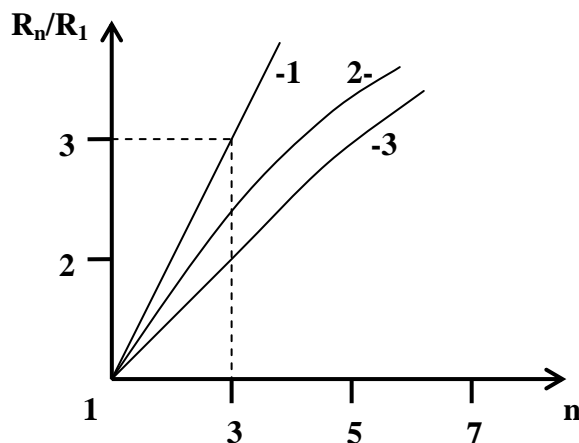
Дополнительными предпосылками для отнесения к классу многопроцессорных систем и многомашинных комплексов являются степень связанности процессов и делимость конфигурации. У многопроцессорных систем – высокая степень связанности происшедших при решении общего потока задач и неразделимостью конфигурации на отдельные машины.

Многомашинные комплексы характеризуются особой связанностью процессоров. Конфигурация комплекса реализуется так, что отдельные машины могут функционировать независимо друг от друга, использовать различные операционные системы.

Многопроцессорные системы и многомашинные комплексы имеют высокие передаточные характеристики по сравнению с однопроцессорными ЭВМ.

Присущая многопроцессорным системам возможность работы с переменным числом процессоров повышает гибкость их функционирования, обеспечивая широкие возможности при выборе различных конфигураций. Выход из строя одного или нескольких процессоров не приводит к выходу из строя всей системы. В этом случае дополнительная нагрузка распределяется между исправными процессорами.

Эффективность многопроцессорной обработки оцениваемой коэффициентом ускорения R_n/R_1 , определяемым отношением производительности R_n n -процессорной системы к производительности R_1 однопроцессорной систем при обработке одного и того же потока задач.



В идеальном случае при полном распараллеливании решаемых задач $R_n/R_1=n$. На практике всегда имеются потери времени на выполнение различного рода обменных операций между процессорами, поэтому реально $R_n/R_1=k*n$ (кривая 1), где $k<1$.

При решении широкого круга рассматриваемых задач для оценки коэффициента R_n/R_1 можно выбрать зависимость, носящую логарифмический характер: (кривая 2)

$$R_n/R_1=k*\log_2(n+1)$$

Эта зависимость достаточно хорошо соответствует экспериментальным результатам, которые свидетельствуют, что добавление второго процессора увеличивает производительность системы в 1.6, 1.8 раза, третьего в 1.8,...2.3 раза и т.д.

Отклонение этой линейной зависимости объясняется возрастающими затратами

времени на разрешение конфликтных ситуаций при опрошении нескольких процессоров, к одному и тому же модулю, оперативной памяти, увеличением доли операции обмена между процессорами.

При экспериментальной проверке 200 программ и при равномерной запуске процессоров, т.е. для $A_i=1/n$, где A_i — доля работы выполняемых i -ом процессором $A_i=1$

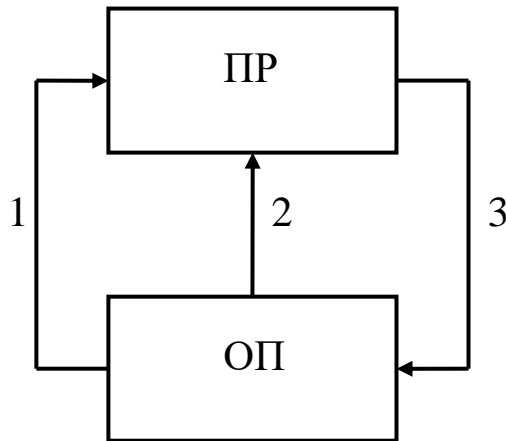
расхождения составляют 8% при этом

$$R_n/R_1=\sqrt[n]{n!}$$

2.4.1 Принципы обработки потоков команд и данных .

Существующие различия структур систем и комплексов с позиций параллелизма обработки информации обуславливается главным образом, различными изменениями организации потоков и данных в процессорах.

Однопроцессорные системы программной структуры обрабатывает один поток команд и один поток данных.



В соответствии с этой организации команды потока 2 складывается из оперативной памяти последовательно одна за другой .

Этому потоку команд соответствует поток данных 1 ,преобразуемый в процессоре (ПР) в выходной поток результатов 3.

С учетом обработки одиночного потока команд и одиночного потока данных системы данного типа называют системами класса ОКОД.

К системам ОКОД относится большинство однопроцессорных систем первых трех поколений.

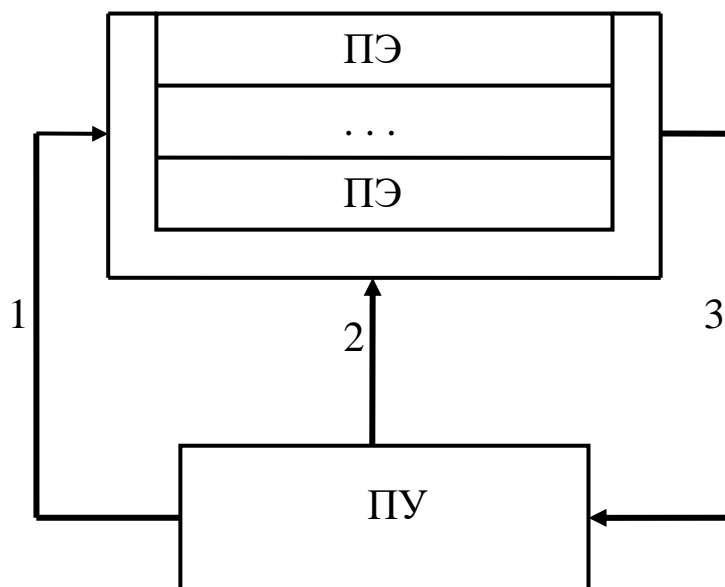
В этих системах возможно широкое совмещение во времени работы разнородных устройств на основе мультипрограммирования.

В частности используется совмещение работы процессов вычислений и ввода/вывода, как это принято в ЭВМ семействе ЕС.

В ЭВМ высокой производительности может осуществляется совмещение работы модулей оперативной памяти с целью обеспечения непрерывного и опережающего потока команду и данных в процессор.

Такие возможности заложены, например, в ЭВМ БЭСМ-6, ЕС-1050.

Системы обрабатывающие одиночный поток команды и множественный поток данных , называют системами класса ОКМД.



ФП – функциональный процессор

ПУ – процессор управления

Их особенностью является сложение большого числа однородных по структуре обрабатывающих блоков – процессорных элементов (ПЭ), которые выполняют преимущественно арифметические и логические операции и процесса управления (ПУ) в виде мини или универсальной ЭВМ, каждая генерирует единый поток команду 2 для всех ПЭ и индивидуальный поток данных для каждого ПЭ.

В каждый момент времени в системе ОКМД выполняется только одна команда , но во всех ПЭ сразу.

Одиночные потоки данных представленные от ПУ в отдельные ПЭ, в сумме образуют множественный поток 1. Каждый, из которых перерабатывается во множественный поток результатов 3, накапливаемых в памяти ПЭ или передаваемых в ПУ.

Типичными примерами ОКМД являются матричные и параллельные системы, различающиеся между собой топологией связи между процессорами и, возможно, свойствами адресации.

В матричных системах процессорные элементы ПЭ имеют связи между ближайшими соседями для обмена промежуточными результатами.

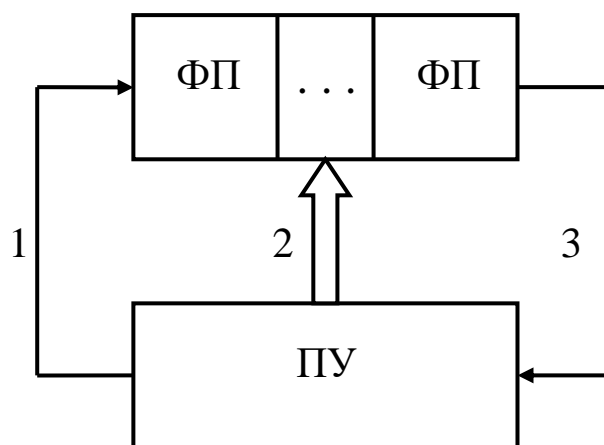
Может быть и более сложная конфигурация связей.

В параллельных системах связи между ПЭ менее выражены или могут вообще отсутствовать. Обмен между ПЭ в них осуществляется через ПУ к параллельным системам относятся ошибки процессоров и ассоциативные системы.

Ансамбли процессоров представляют собой малосвязанные микро или мини ЭВМ.

Ассоциативные системы содержат набор ПЭ с ассоциативной обработкой или ассоциативной адресацией данных. Примером матричной системы является система ИЛИАК - IV и аналогичные отечественные системы, содержащие десятки ПЭ.

Системы обрабатывающие множественный поток команд и одиночный поток данных, называют системами класса МКОД.



ФП - функциональный процессор

ПУ - процессор управления

В этих системах осуществляется одновременное выполнение нескольких команд в последовательности процессоров, называемых функциональными (ФП), каждый из которых представляет собой арифметическое устройство, выполняющее определённую операцию (функцию).

К ФП относятся суммирующие, умножающие, делящие и логические процессы.

В составе конвейерных процессоров может быть несколько идентичных ФП. Работа всех ФП централизованно синхронизируется одним устройством или процессором управления (УП) который, формируя команду к каждому из ФП, генерирует множественный поток команд. Данные обрабатываются последовательно в ФП. Результаты выполнения операций в первом ФП являются входными данными вторыми ФП и т.д. При необходимости отдельные ФП могут пропускаться. Все ФП образуют цепочку или конвейер обработки данных, поэтому системы класса МКОД часто называют конвейерными системами.

Для иллюстрации выполнения операций рассмотрим процесс выполнения в системе содержащий сумматор и умножитель выражений вида:

$$(a_i + b_i)^2 \quad i=1 \dots k$$

Каждая пара операторов образует блок данных, который складывается из операторной памяти и пересылается на сумматор.

В сумматоре выполняется разность $(a_i + b_i)$, который является входным блоком данных для умножителя, где выражение $(a_i + b_i)^2$ вычисляется в виде произведения

$$(a_i + b_i) * (a_i + b_i)$$

При освобождении сумматора на его входы подаётся отдельный блок данных a_{i+1} , b_{i+1} под которым выполняется выражения $(a_{i+1} + b_{i+1})$ одновременно с выполнением операции умножения

$$(a_i + b_i) * (a_i + b_i)$$

в умножителе.

Таким образом, в любой момент времени в рассматриваемой системе может выполняться две операции сложения и умножения.

Обозначим через τ – время выполнения самой продолжительной операции в конвейере из n функциональных процессов. Тогда интенсивность выдачи результатов в оперативную память равна $1/\tau$.

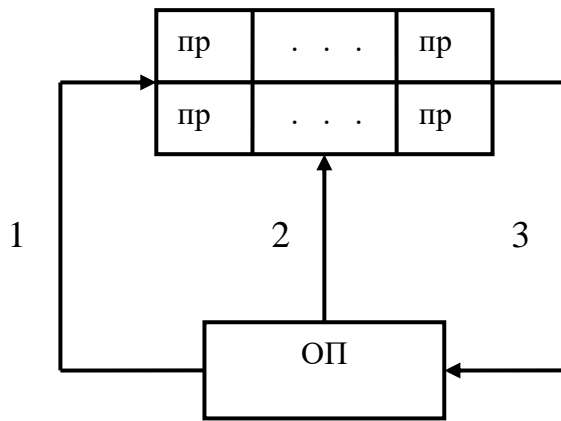
В течение времени τ в этой системе может одновременно выполняться n различных команд, переправленных в ПУ над n блоками данных. Однако за время τ полностью завершается отработка лишь одного блока данных.

Поэтому и определяют эти системы, как системы обрабатывающие множественный поток команд и одиночный поток данных.

Наиболее типичная система класса МКС является CRAY-1 (КРЕЙ-1) конвейерной.

ILLIAC-IV - матричная	}	имеют быстродействующие, сотни млн. операций типа сложения в сек.
STARAN - ассоциативная		

Особый класс МКМД с множественными потоками команд и данных - это многопроцессорные и многомашинные комплексы общего назначения. Число процессоров в них от 2 до 10 .



Каждый из процессоров анализирует из ОП собственный поток команд и данных, объединённых в рамках системы во множественные потоки.

Степень специализации процессов является основным признаком деления систем и комплексов класса МКМД на однородные и неоднородные системы.

В однородных системах функции, выполняемые различными процессорами и структуры самих процессоров идентичны. Процессоры выполняют универсальный набор операций.

Однородные многомашинные комплексы состоят из идентичных ЭВМ или многопроцессорных систем.

В неоднородных многопроцессорных системах каждый из процессоров специализирован на выполнение определённых функций в связи с чем различают универсальные и специализированные операционные процессоры, командные процессоры, процессоры ввода-вывода.

Универсальные операционные процессоры, предназначены для выполнения операций с фиксированной и плавающей запятой, операциями над десятичными числами.

Специализированные операционные процессоры используются как для ускорения выполнения операций (вычисления тригонометрических функций, расчётов функциям, решения систем управления) так и для выполнения системных функций (обработка прерываний, деспетчирования ресурсов системы, преобразования адресов при работе с виртуальной памятью и т.д.)

Процессоры ввода-вывода управляют обменом между оперативной памятью и периферийными устройствами.

Наиболее известны отечественные многопроцессорные системы “Эльбрус-1” с производительностью от 15 до 12 млн. опер/с и состоящих из однотипных процессоров ввода-вывода(1-4).

2.4.2. Схемы управления вычислительными процессами при параллельной обработке

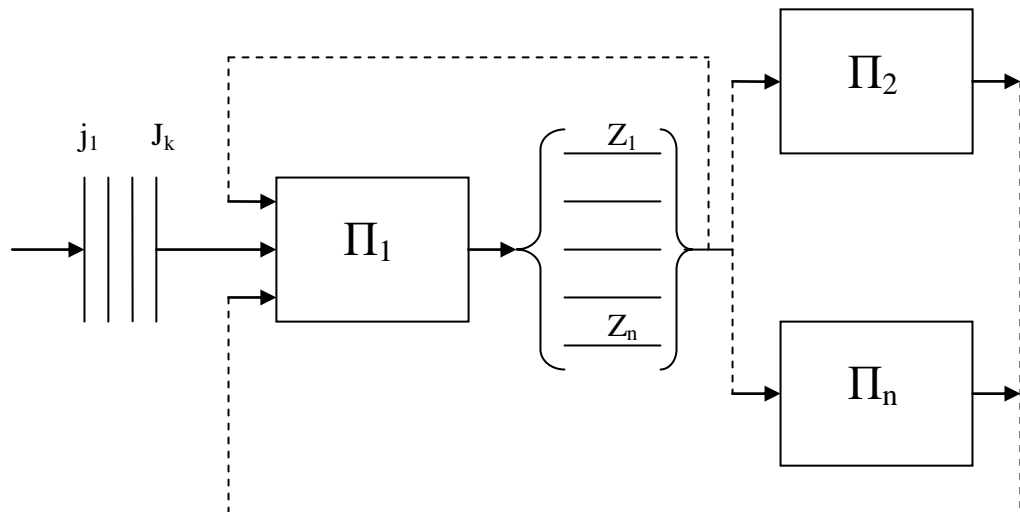
Параллельная обработка предъявляет повышенные требования к операционным системам.

Операционные системы, ориентированные на параллельную обработку, содержат дополнительные средства использования управления и контроля параллельных процессов. Эти средства обеспечивают составления расписания и структурного выполнения процессов (работ), контролирования состояния процессоров с целью ликвидации их простоев, распределяют и перераспределяют оперативную память между процессами и устраняют конфликтные ситуации при использовании несколькими процессорами одних и тех ресурсов.

При параллельной обработке могут применяться два основных способа управления вычислительными процессами

- централизованный
- децентрализованный

При централизованной организации функции управления вычитаются на один из процессоров или на 1 машину.



Организация централизованного управления заключается в следующем:

Задания $J_1 \dots J_k$ образует очередь входных работ, подлежащих исполнению в системе. Доступ к программному управлению операционной системы имеет только

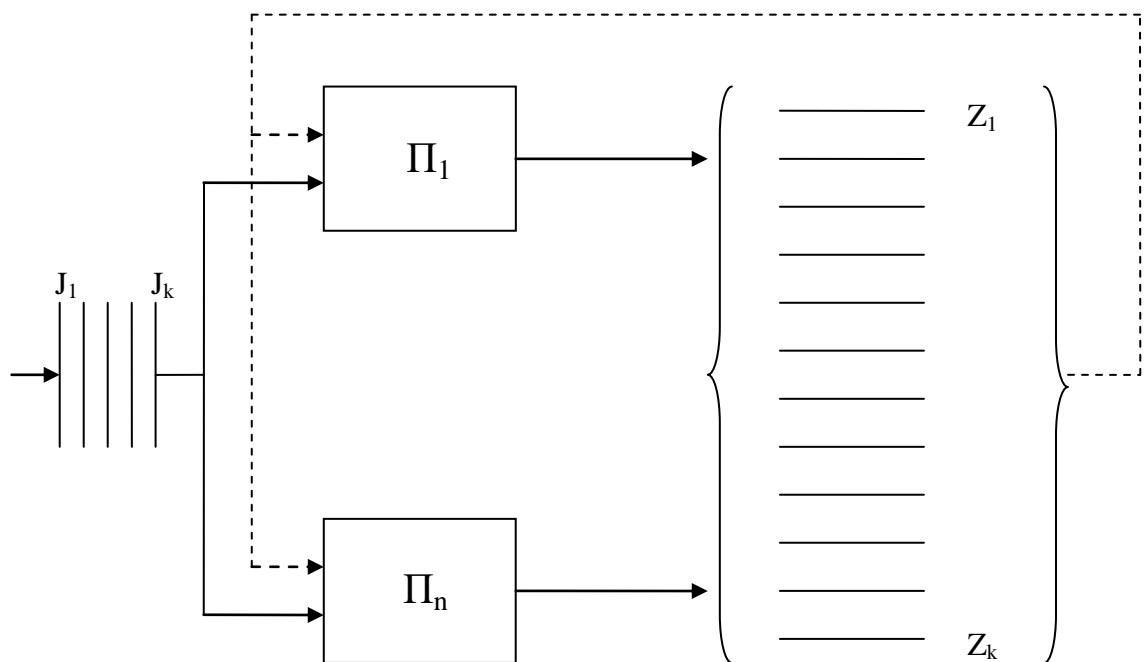
один процессор Π_1 . Работы перобразуются в независимые задачи и подзадачи $Z_1 \dots Z_k$.

Каждая задача обеспечивается необходимыми ресурсами для выполнения и закрепляется за один из процессоров $\Pi_2 \dots \Pi_n$.

При завершении задачи освободившийся процессор путём прерывания или выработки сообщения сигнализирует процессору Π_1 о готовности принять на обработку новую задачу и т.д.

Процессор Π_1 помимо выполнения задачи операционной системы может в периоды простоя выполнять функции обработки задач наравне с другими процессорами.

При детерминированной организации функции управления могут возлагаться на все процессоры или машины.



При децентрализованной организации управления вычислениями каждый из процессоров имеет доступ к программному управлению операционной системы. Любой из них при освобождении анализирует очередь вновь построенных работ $J_1 \dots J_k$ и, пополняя общую очередь задач $Z_1 \dots Z_k$. Процедуры закрепления задач процессорами в этом случае не производится, так как каждый процессор после

освобождения и завершения процедуры управления просматриваемых задач и выбирается из него первоочередную на исполнение.

<u>Достоинства централизованной организации управления</u>	Недостатки
1.Простота программных средств операционной системы	1.Низкая надёжность обслуживания, выходом из строя всей системы при отказе процессора реализующего функции управления
<u>Децентрализованной организации управления</u>	
1.Обеспечивает сохранение работоспособности при выходе из строя одного или нескольких процессоров. 2.Более эффективное использование ресурсов системы	1.Усложнение операционной системы. 2.Могут возрасти потери времени на общесистемное управление из-за конфликтных ситуаций при обращении различных процессоров к одним и тем же программам операционной системы и её управляющим таблицам.

Для организации взаимодействия между процессорами обычно используется память типа “почтового ящика”. Эта память разбивается на разделы, каждый из которых соответствует одному процессору и доступен для занесения информации (сообщений) со стороны других процессоров.

Выборка сообщений из своего раздела реализуется путём периодического опроса раздела или по сигналу прерывания от процессора, сформировавшего сообщение и передавшего его в раздел другого процессора.

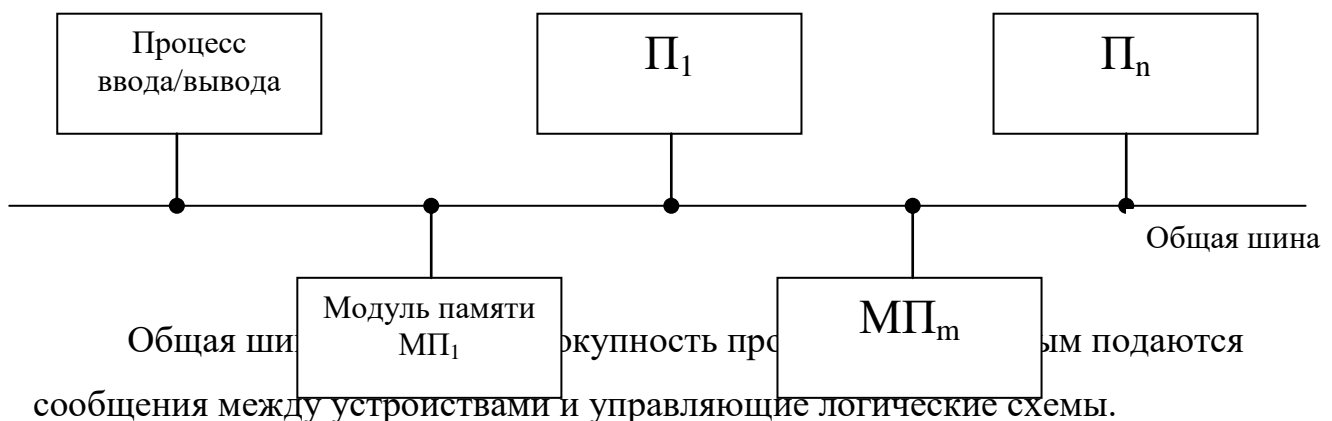
2.4.3 Способы коммутации процессоров и модулей оперативной памяти

Оперативная память в многопроцессорных системах строится по модульному принципу. Каждый модуль имеет свои средства управления и работает независимо от других. Использование этого принципа повышает производительность оперативной памяти и всей системы за счет параллельной работы нескольких процессоров с несколькими модулями памяти.

В зависимости от требований к системе (её производительности, надежности, стоимости) различают три основных способа коммутации процессоров и модулей памяти:

- использование общей им разделенной во времени шины;
- многовходовых шин;
- перекрестной коммутации.

Общая шина



Сообщения содержат передаваемые данные, адреса устройств – приемников данных и управляющую информацию.

Управляющие логические схемы представляют логический узел, выделяющий шину для передачи данных, между * устройств и разрешающий конфликтные ситуации при запросе шины несколькими устройствами.

Коммутация между устройствами осуществляется разрешением во времени общей шины, которая в связи с этим называется разрешенной во времени шиной.

В каждый момент времени, возможно, соединение и передача информации только между парой устройств. Остальные устройства готовы передать свои сообщения, ожидают освобождения шины. Разрешение конкретных ситуаций есть два способа:

- 1) в использовании приоритетов;
- 2) циклический опрос устройств.

ПВВ получают более высокие приоритеты.

Анализ приоритетов осуществляет логический узел общей шины. Получив запрос на выделение шины, он сравнивает приоритеты запрашивающих устройств, выделяет устройство с наивысшим приоритетом, анализирует выставленный им адрес устройства-приемника, и если последний готов принять сообщения выделяет шину устройству с наивысшим приоритетом. Если устройство-приемник не готово принять сообщение, то описанная процедура повторяется и, общая шина предоставляется устройству с большим приоритетом, адресат которого готов принять сообщение.

При циклическом опросе логический узел сканирует по кругу, поочередно выделяя им шину при готовности устройства-адресата принять сообщение.

Использование ОШ для коммутации процессоров и модулей оперативной памяти ограничивает производительность системы из-за потерь времени на разрешение конфликтов при обращении к ОШ и на ожидание в очереди до момента выполнения шины, чем больше устройств, тем больше надо времени на ожидание в очереди.

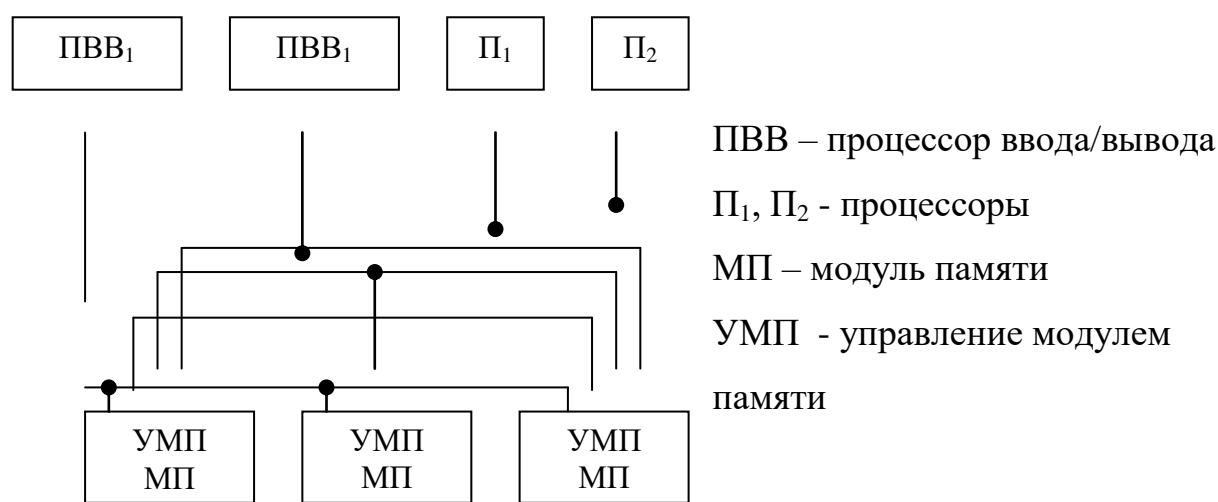
С учетом, что шина не резервируется, погрешность ее так же низка.

Достоинства ОШ:

- простота
- низкая стоимость
- гибкость при подключении дополнительных устройств.

Особенно эффективно применение ОШ в системах с небольшим числом модулей ОП и процессоров. Потеря времени на разрешение конфликтов и ожидание в очереди в этом случае минимальны.

Многовходовые шины



Многовходовые шины представляют собой множество кустовых шин, каждая из которых связывает одно устройство с несколькими разделяемыми во времени устройствами. Обычно основание куста образуют ПВВ и П разделяемые во времени устройствами являются модули оперативной памяти.

Каждый модуль памяти (МП) имеет много входов, поэтому этот способ наз. многовходовой памятью.

Число различных пар устройств, связываемых между собой, равно числу входов в память. Каждый модуль памяти в один и тот же момент времени может работать только с одним устройством.

Управление шинами, сосредоточенное в модулях памяти, усложняет их узлы управления. Однако эти схемы коммутации обеспечивают надлежащую работу многих пар устройств

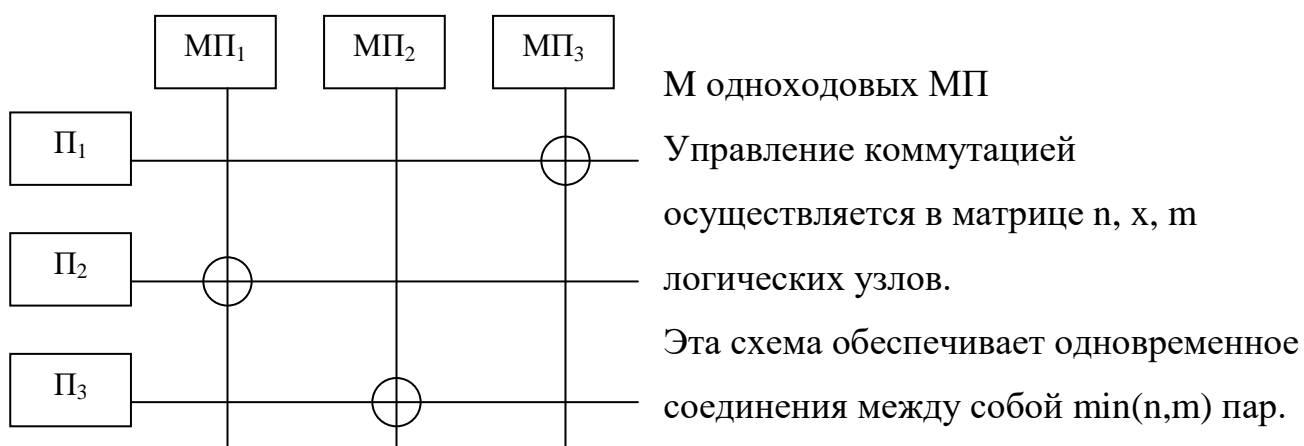
- производительнее
- погрешнее общей шины

недостатком данной схемы является ограничение на максимальное число обрабатывающих процессоров ввода-вывода в системе, которое в сумме равно числу входов памяти.

Многовходовые шины используются в системах средней и высшей производительности. Модули оперативной памяти имеют 5 входов, что позволяет применить 3 центр. Пр. и 2 ПВВ.

Пример: UNYVAC-110X – управление воздушными судами.


Перекрестная коммутация



Таких пар n , если $n \leq m$

или m , если $m \leq n$

Схему перекрестной коммутации можно также представлять в виде множества $\min(n, m)$ общих шин, поэтому в отличие от последних, разделяемых во времени, схемы перекрестной коммутации часто показываются разделяемыми в пространстве.

Кружочки  показывают одновременное соединение 3х пар периферийных устройств: $П_1$ - $МП_3$; $П_2$ - $МП_1$; $П_3$ - $МП_2$.

При $m=n$ общее число таких соединений различных Пр и МП равно

При $m < n$ или

Схемы перекрестной коммутации являются самыми производительными и надежными из всех . Но высокая стоимость * соединения Вся линия коммутации * ...

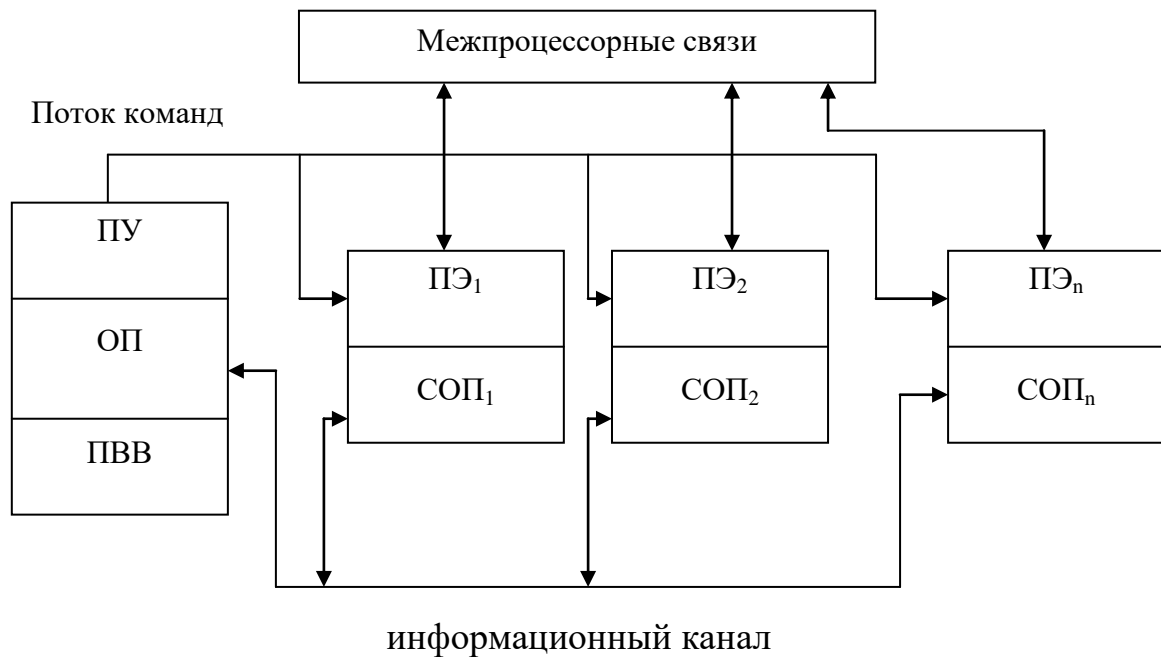
2.4.4. Матричные системы

Матричные многопроцессорные системы относятся к классу сверх быстродействующих систем. Их отличительной особенностью является жестко синхронизируемая * обработка данных.

Высокая производительность таких систем достигается за счет большого количества простых по структуре процессоров, каждый из которых изготавливается в виде большой интегральной схемы и называется, ввиду довольно ограниченного числа выполняемых операций, процессорным элементом (ПЭ).

Число ПЭ десятки, а может быть тысячами и десятками тысяч ПЭ.

Структура матричных систем и принцип их работы.



ПУ – процессор управления

ОП – оперативная память

ПВВ – процессор ввода/вывода

ПЭ – процессорный элемент

СОП – сверхоперативная память

Управление работы системы осуществляется процессором управления ПУ с высоким быстродействием (до млн. опер./сек), имеющим межмодульную оперативную память большого объема с временем считывания менее 1 мкс.

Высокое быстродействие ПУ обеспечивает непрерывность потока команд, направляемых для исполнения в матрицу ПЭ поочередно.

Команды ввода-вывода передаются для выполнения в процессор ввода-вывода ПВВ.

Процессорные элементы ПЭ однородны по составу и представляют собой относительно простые АЛУ (арифметико-логические устройства) со скоростью обработки данных несколько млн. опер/с каждый.

Все ПЭ, кроме блокируемых в один и тот же момент времени выполняют одну и ту же операцию, жестко задаваемую процессором управления (ПУ) над различными данными, размещаемыми в СОП.

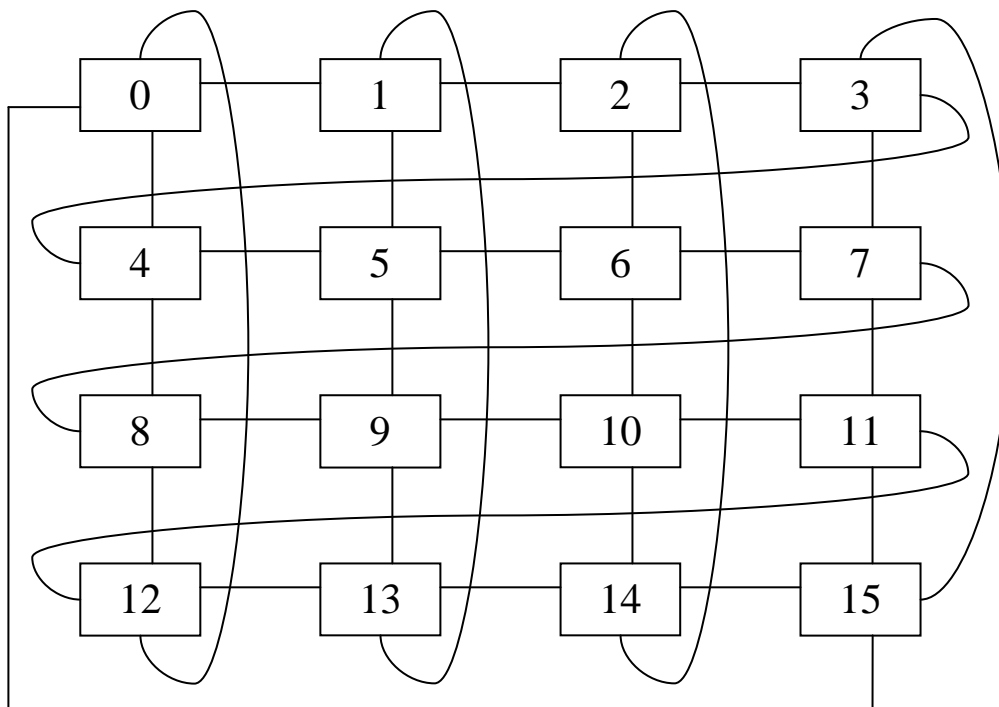
ПЭ может пропускать команду, т.е. блокировать ее, если на его входе нет данных, но выполнить команду, отличную от заданной для всех, не может. Модули СОП используются для хранения обрабатываемых данных и промежуточных результатов вычислений.

Каждый из них имеет небольшой объем до нескольких тысяч байтов и срока сохранения 200 - 400 нс.

Модуль конструктивно определяется в виде большой интегральной схемы (БИС). С учетом жесткой синхронизации выполнения команд в ПЭ, работа модулей СОП также жестко синхронизирована.

СОП связана с ПЭ и * обеспечивающим обмен данными с оперативной памятью системы.

Для обмена промежуточными результатами ПЭ связываются между собой определенным образом. Часто используется размещение ПЭ в узлах квадратной решетки, размерностью $N=4 \times 4$.



Каждый ПЭ в этой решетке связан с четырьмя другими по правилу

$(i+1) \bmod 16$

$(i+4) \bmod 16$

В схемах соединения этого вида передача данных от одного ПЭ к другому требует не более $(\log_2 N - 1)$ шагов.

Возможны и другие способы соединения процессорных элементов, основанные на использовании решеток в виде шестиугольников, восьмиугольников и многомерных покрытий.

Ввод-вывод данных в системе реализуется через процессор ввода-вывода, управляющий работой внешних запоминающих устройств и других периферийных устройств.

Примером матричных мультипроцессорных систем является ILLIAC-14.

Система содержит 256 процессорных элементов разбитых на 4 матрицы размером 8×8 каждая. Матрица ПЭ управляется универсальным процессором с быстродействием около $6 \cdot 10^6$ опер/с. Максимальная емкость оперативной памяти составляет 10^6 слов и время приема 500нс. Кроме НМД используется оптоэлектронное запоминающее устройство объемом 10^{12} бит со временем доступа к информации до 10сек.

Быстродействие матричных систем.

Пусть в системе n процессорных элементов со средним быстродействием V_1 каждый.

Номинальное (идеальное) быстродействие всей системы при полной загрузке всех ПЭ будет $V_n = n \cdot V_1$.

Реальное быстродействие V_p всегда меньше номинального в связи с простоем ПЭ, вызываемого различными факторами:

- 1) степени распараллеливания операции над одновременно обрабатываемыми данными.
- 2) Ожиданием всеми ПЭ выполнения подготовленных операций в ПУ таких, как завершение одной задачи и инициирование новой, трансляции управления вычислительным процессом и т.д.

Степень распараллеливания максимальна для данной конфигурации системы если обработку данных осуществляют одновременно все ПЭ, т.е. ни один из них не пропускает очередную команду.

Если число распараллеливаемых операций на каких-то этапах вычислений меньше числа ПЭ, то часть из них простаивает.

Простой ПЭ вызван не кратностью числа распараллеливаемых операций, на различных этапах вычислений, числу ПЭ.

*:

η_h – простой, обусловленный не кратностью.

η_n – простой, обусловленный не кратностью.

Тогда загрузка одного ПЭ:

$$P_1 = 1 - \eta_n - (1 - \eta_n) \eta_h = (1 - \eta_n) (1 - \eta_h)$$

В результате $B_p = n * p_1 * B_1 = n * B_1 (1 - \eta_n) (1 - \eta_h)$

Оценим величину η_h по *

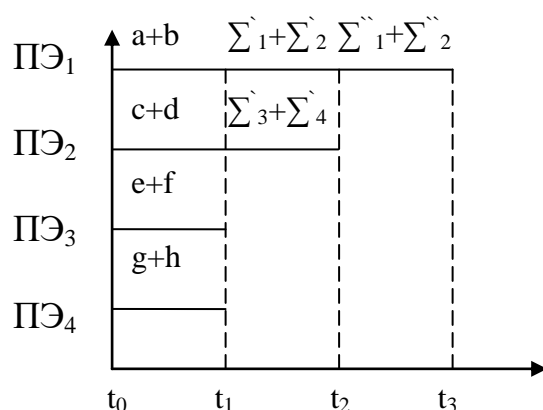
Пусть число ПЭ=4 необходимо выполнить сложение 8 операндов a, b, c, d, f, g, h.

Процесс выполнения суммы может быть распараллелен по шагам случайным образом.

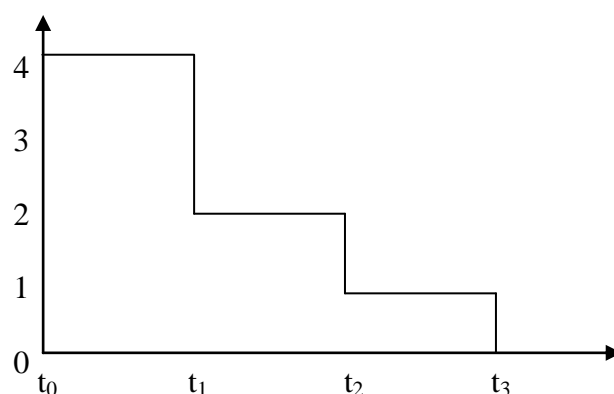
$$\begin{array}{ll} 1) \text{ ПЭ}_1 & (a+b) = \sum_1 \\ & \text{ПЭ}_2 \quad (c+d) = \sum_2 \\ & \text{ПЭ}_3 \quad (e+f) = \sum_3 \\ & \text{ПЭ}_4 \quad (g+h) = \sum_4 \end{array} \quad \begin{array}{ll} 2) \text{ ПЭ}_1 & \sum_1 + \sum_2 = \sum''_1 \\ & \text{ПЭ}_1 \quad \sum_3 + \sum_4 = \sum''_2 \\ 3) \text{ ПЭ}_1 & \sum''_1 + \sum''_2 = \sum_1 \end{array}$$

Т.е. на первом шаге операцию сложения параллельно выполняют все 4 ПЭ₁

На втором и на третьем *



Временная диаграмма работы ПЭ



Число работающих ПЭ

одновременно на каждом шаге

При *, что длительность каждого шага $t_i - t_{i-1}$ одинакова, получаем, что усредненная загрузка процессорного элемента равна

$$\sum_{j=1}^3 \frac{n_j}{3n} = \frac{7}{3 \cdot 4} = \frac{7}{12}$$

$$(1 - \sum_{j=1}^3 \frac{n_j}{3n}) = \frac{5}{12}$$

2.4.5 Ассоциативные процессоры.

Ассоциативными процессорами называют процессоры с адресацией данных по содержанию слов или их частей.

В этом заключается их отличие от обычных, в том числе матричных систем, в которых обращение к данным осуществляется по адресам слов.

Основу ассоциативных процессоров составляет ассоциативная память с доступом по содержанию данных, дополняемая средствами начальной обработки данных (слов) – процессорными элементами ПЭ.

Ассоциативные, как и матричные системы, относятся к классу систем с * потоком команд и множественным потоком обрабатываемых данных.

Общим для них является наличие множество простых ПЭ;

Параллельное выполнение одной и той же операции, но над различными данными в различных ПЭ;

Использование общей ПУ, который обеспечивает подготовку программы к выполнению и задает поток команд в матрицу ПЭ

Доступ к ассоциативной памяти.

В ассоциативной памяти для целей информационного поиска доступ к словам осуществляется по их отличительным признакам.

Каждое слово, хранимое в ячейках памяти, содержит смысловую часть (m разряд. данных и g разрядных признаков (P_{pi}) отличающих каждое слово от множества других слов.

При доступе к ассоциативной памяти признак выбираемого или записываемого слова заносится в регистр признаков, который по выходу связан со схемами сравнения, по второму входу которых соединена с признаковой частью ячеек ассоциативной памяти.

При совпадении кода признаки, занесены в РгП с кодом признака одного из слов, происходит идентификация ячейки памяти и разрешается занесение или выборка данных.

Таким образом, операция идентификации ячейки, содержащей искомое слово, осуществляется по всем словам, размещенным в ассоциативной памяти.

Структура ассоциативных процессоров.

Классификационным признаком деления ассоциативных процессоров является способ выполнения операций над словами в ПЭ.

Различают процессоры:

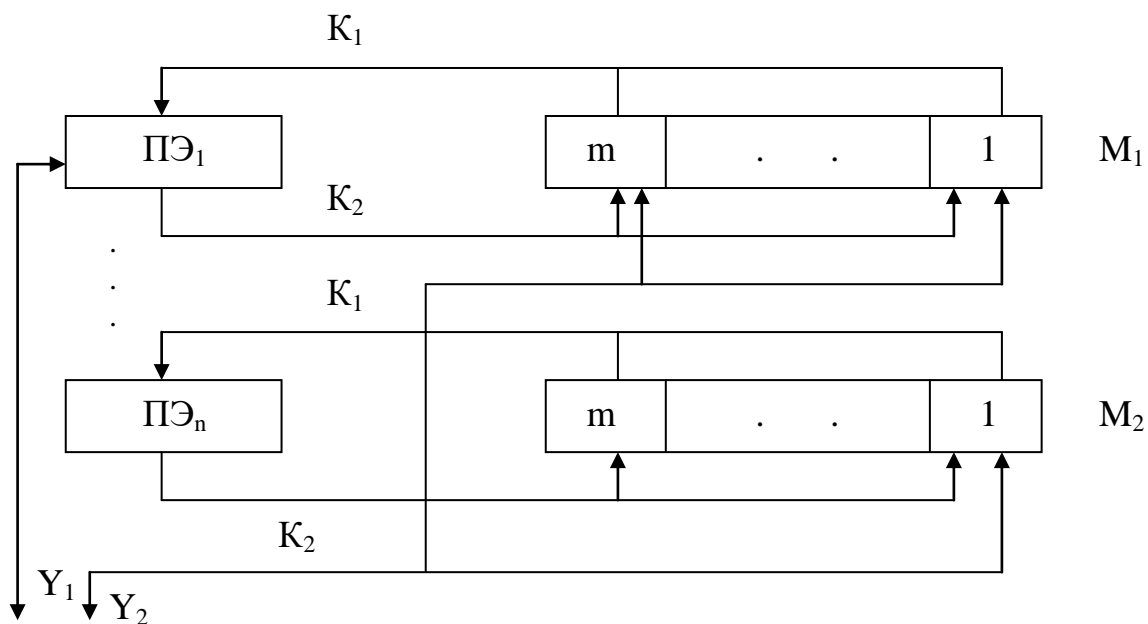
- параллельные
- поразрядно-последовательные
- пословно-последовательные
- блочно-ориентированные

При обработке данных в основном используют параллельные и поразрядно-последовательные процессоры, причем в параллельных процессорах операции выполняются параллельно над разрядами и словами ассоциативной памяти. А в поразрядно-последовательных – последовательно по разрядам, но над всеми словами одновременно.

Пословно-последовательные процессоры применяются при поиске слов в памяти с циркуляцией данных в линиях задержки.

Блочно-ориентированные процессоры – поиск блока данных на дорожке *

Упрощенная структура параллельного процессора



Процессорные элементы $ПЭ_1 \dots ПЭ_n$ представляют собой многоразрядные арифметическо-логические блоки. Каждый из которых работает со своим модулем ($M_1 \dots M_n$) ассоциативной памяти, выполняя операции поиска арифметической и логической обработки слов 1 и m .

K_1 и K_2 – коммутирующие цепи

Y_1 – канал связи ПЭ с ПУ

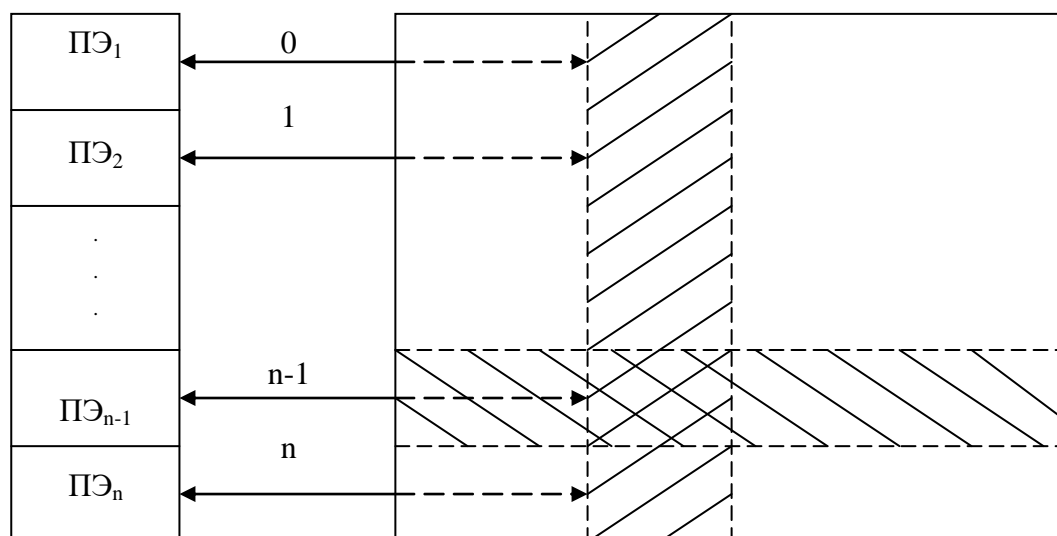
Y_2 – канал обмена между модулями ассоциативной памяти, т.е. обращение по этому каналу осуществляется как и в обычной памяти по адресам.

Параллельные процессоры самые быстродействующие за счет больших аппаратных затрат.

Высокая сложность и невысокая степень однородности затрудняет техническую реализацию в виде больших интегральных схем.

Поэтому они изготавливаются лишь в единичных образцах.

Более широкое применение в настоящее время получают параллельно-последовательные ассоциативные процессоры.



Каждый ПЭ представляет собой одnorазрядный арифметическо-логический блок. Он оперирует с полями m -разрядного слова, хранимого в модуле ассоциативной памяти.

Особенность: синхронная работа ПЭ одновременно обрабатывающих один и тот же разряд разных слов, их часто называют процессорами с вертикальной обработкой данных.

Сравнительный анализ на быстроедействие.

Реальное быстроедействие ассоциативных и матричных процессоров зависит от тех же факторов:

- числа и быстроедействия ПЭ
- степени распараллеливания *
- затрат времени на подготовку программ к выполнению.

Однако различные способы адресации данных, принятых в этих системах обуславливают разницу в быстроедействии их процессорных элементов.

	Условия	Время выполнения *
Параллельные ассоциативные матричные	1. * 2. Слова одинаковой разрядности 3. Равный объем памяти 4. Равное время *	

Совсем другая картина при поиске. В ассоциативных процессорах поиск заданного слова осуществляется за один цикл работы памяти.

В матричных системах поиск сводится к перебору слов в памяти и их сравнению с заданным словом. При емкости памяти ПЭ V слов требуется перебрать в среднем $V/2$ из них.

Таким образом, выигрыш в ассоциативных процессорах в $V/2$ раза. Сопоставим теперь по быстроедействию поразрядно-последовательные ассоциативные процессоры и матричные системы.

При выполнении арифметических операций	Быстродействие матричных процессоров
При поиске информации	Эффективность ассоциативного процессора выполняющего операцию поиска слова за m циклов памяти, выше эффективности матричной системы выполняющей эту же операцию в среднем за $V/2$ циклов обращения памяти, так как $m \ll V/2$

Таким образом, матричные системы в целом эффективнее ассоциативных процессоров при выполнении арифметических операций, но уступают им при выполнении операций поиска.

Области применения

Ассоциативных процессоров для решения задач с большим числом независимых наборов данных, обработка которых сводиться к поиску данных и их модификации.

Пример: Управление воздушным движением. Определение координат каждого ЛА, их отклонения от заданной траектории, анализ конфликтных ситуаций и решение.

Особенность: Большое количество ЛА, со своим набором данных.

2.4.6 Конвейерные многопроцессорные системы.

Совмещённых во времени и организуемые общим устройством управления, обработку многих команд, находящихся на различных стадиях выполнения, называют конвейерной обработкой. Для её реализации средства обработки системы, разделяются на множество простых по структуре специализированных устройств – функциональных процессоров (ФП). Каждый из которых предназначен для реализации определённого действия над данными на уровне команд (сложения, умножения, логические операции и т.п.) или микрокоманд (сдвиг, пересылка, сложения и т.д.)

Каждый ФП в цепи из таких процессоров выполняет операцию над блоком данных, после чего передаёт его процессору-приёмнику и принимает от процессора-приемника (предшественника) на обработку новый блок данных. Обработка в каждом процессоре осуществляется над управлением местное устройство управления, общее устройство управления формирует множественный поток команд, каждый из которых направляется для выполнения соответствующей ФП.

Структура конвейерных систем и принципы их работы.

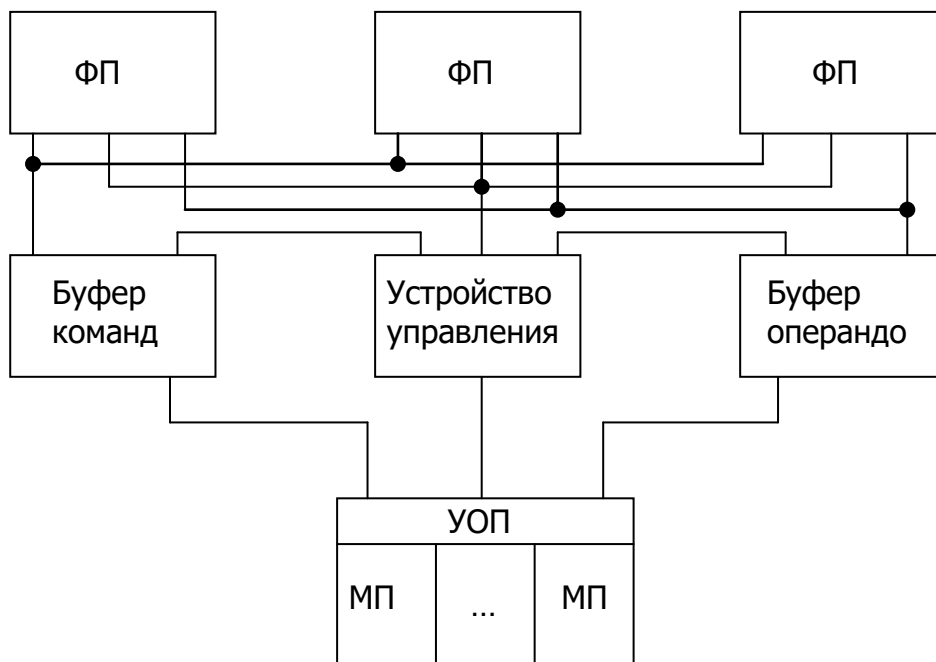
Для организации конвейерной обработки требуются существенные затраты на синхронизацию процессов обработки данных в цепочке ФП, на буфер для хранения команд, находящихся на различных стадиях выполнения, на связи между буферами, на дополнительные схемы декодирования команд в буферах и т.д.

Поэтому такой вид обработки реализуется только в больших ЭВМ, системах и комплексах.



При конвейерной обработке две или более команды выполняются одновременно, хотя и на разной стадии. Например, одна из команд может находиться в состоянии завершения, другая – в состоянии ожидания операнда из оперативной памяти, третья – сама вызывается из оперативной памяти и т.д.

Структурная схема конвейерных команд.



Централизованное управление осуществляет обмен для всех функциональных процессоров (ФП) устройство управления. Оно обеспечивает вызов команд и операндов их оперативной памяти в буфер команд и в буфер операндов соответственно, предварительно декодирует команды, ссылая определения места их выполнения, управляет передачей операндов в

соответствии с заданной последовательностью их обработки, локализирует команды передачи управления и выполняет их.

Быстродействие электронной обработки данных в ФП обычно выше быстродействия ОП, поэтому для обеспечения непрерывности конвейерной обработки ОП строится по модульному принципу с расслоением обращений.

При модульном построении памяти операции чтения-записи выполняются независимо в каждом из модулей, что позволяет совместить их работу во времени.

Расслоение обращений к памяти обеспечивает непрерывность совмещения операций чтения-записи в модулях и заключается в закреплении соседних адресов ячеек в модулях (соседними номерами).

Пример схемы памяти с расслоением обращений по четырём модулям.

Модуль 0	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3
0	1	2	3
4	5	6	7
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
$2^n - 4$	$2^n - 3$	$2^n - 2$	$2^n - 1$

При последовательной адресации ячеек в этой памяти в порядке 0,1,2,3,4,5,,, обращения каждый раз адресуются к соседним модулям в порядке 0,1,2,3,0,,, в результате чего обеспечивается совмещённая работа модулей памяти и увеличивается число обслуживаемых памятью обращений в единицу времени.

Информация, считываемая из ОП, направляется для промежуточного хранения на время обработки в буфера команд и операндов. Каждый из буферов представляет собой цепочку из регистров, связанных с ФП и между собой.

Быстродействие последовательной системы:

$$B = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{r \cdot \delta};$$

r — число тактов выполнения команды;

δ — длительность выполнения одного такта конвейерной обработки завершения команд, за каждые δ единиц времени, следовательно:

$$B = \frac{1}{\delta}.$$

Это предельные оценки быстродействия и обеспечиваются лишь в сфере обработки непрерывного потока команд линейных участков программы.

При выполнении команд переходов, быстродействие может снизиться до уровня, соответствующего быстродействию при последовательной обработке.

Это всё справедливо при синхронной конвейерной обработке, когда длительность такта δ выбирается с учётом самого продолжительного этапа обработки команд.

Для повышения быстродействия применяют асинхронную конвейерную обработку. Суть, которой заключается в использовании переменной длительности такта, соответствующей продолжительности самого длительного этапа выполнения команд, требуемой для каждой команды индивидуально. Тем самым возникающие при синхронной обработке внутри каждого такта для всех этапов выполнения команд за исключением самых продолжительных.

Многомашинные вычислительные комплексы (МВК).

МВК относятся к классу структур с множественными потоками команд и данных. По составу ЭВМ и выполняемые ими функциями, МВК делятся на однородные и на неоднородные комплексы. К МВК обычно предъявляют повышенные требования к надёжности вычислительных средств.

Одним из способов увеличения надёжности является резервирование на уровне машин. Однотипность ЭВМ в однородных комплексах обеспечивает упрощение технического обслуживания и эксплуатации, упрощение сопряжения ЭВМ между собой.

Часто применяют работу комплексов:

- в режимах «горячего» резерва;
- параллельного счёта или дуплексного режима.

В режиме «горячего» резервирования одна из ЭВМ, являющаяся резервной не обрабатывает информацию, но находится в состоянии готовности и сразу же включается в работу при выходе из строя основной ЭВМ.

В режиме дуплексной работы обе ЭВМ комплекса работают одновременно, принимают одни и те же данные и обрабатывают их по одним и тем же программам. Результаты счёта в одной из машин блокируются на выходе и используются лишь для сравнения с результатами счёта в другой машине, выдающей их на выходные устройства.

Дуплексный режим эффективнее режима «горячего» резервирования за счёт повышения достоверности обработки информации за счёт сравнения результатов.

Кроме того, при дуплексном режиме не теряется машинное время на анализ состояния отказавшей ЭВМ для продолжения счёта.

Однако логика управления работой ЭВМ в дуплексном режиме сложнее, чем в режиме «горячего» резервирования и, следовательно, сложнее соответствующие программные средства ОС.

Не однородные МВК содержат ЭВМ различных типов, выполняющие различные, но взаимосвязанные функции.

Цель разделения функций заключается в достижении такой производительности, которая не может быть получена при независимом использовании тех же машин. Основными разделяемыми функциями являются ввод-вывод и обработка данных.

2.5. Представление и использование информации

В условиях использования информационных систем функции распределены между человеком и техническими устройствами.

При анализе деятельности человека наибольшее значение имеют эргономические (инженерно-психологические) и психологические (социально-психологические) факторы.

Эргономические факторы позволяют. Во-первых. Определить рациональный выбор функции человека, во-вторых. Обеспечить рациональное сопряжение человека с техническими средствами и информационной средой.

Психологические факторы имеют большое значение. Так как внедрение информационных технологий в корне изменяют деятельность человека.

При работе в среде информационных технологий человек воспринимает не сам объект, а некоторую его обобщенную информационную модель. Что накладывает особые требования на совместимость пользователя с различными компонентами информационных технологий.

Под представлением информации, в обоих случаях, понимается преобразование её в форму удобную для восприятия и переработки человеком.

Для этой цели информация отображается в виде наглядных и легко воспринимаемых сигналов и символов, формируемых с учётом психофизиологических возможностей человека.

Известно, что человек 80% всей информации получает через зрительный канал.

Велика роль визуального представления данных. Слуховой и осязательный каналы используются как вспомогательные для предупредительной и связующей сигнализации.

Основные формы представления информации:

- сигнализация;
- индикация;
- регистрация.

$$V \leq \lambda, \quad \frac{J}{\lambda} = T_n \leq T_{\text{подо}}; \quad \lambda = \frac{J}{T_n} \left[\frac{\text{бит}}{\text{с}} \right].$$

Контрольные вопросы

1. Назовите основные способы обращения с информацией.
2. Представьте операционную схему процедуры восприятия.
3. В чем отличие обнаружения и распознавания информации.
4. Представьте схему расположения рецепторов в точечных средах
5. Представьте схему расположения рецепторов в линейных средах
6. Представьте схему расположения рецепторов в плоских средах
7. Представьте схему расположения рецепторов в объемных средах

8. Дайте характеристику прямому методу измерения.
9. Дайте характеристику следящему методу измерения.
10. Дайте характеристику развертывающему методу измерения.
11. Дайте понятие анализа информации.
12. Дайте графическое представление состава сложных веществ.
13. Назовите основные принципы построения анализаторов.
14. Дайте схему спектрального анализатора состава вещества.
15. Поясните схему анализатора звуковых колебаний.
16. Поясните схему анализатора спектра случайных процессов.
17. Поясните схему анализатора энергетического спектра с коррелятором.
18. Напишите формулы автокорреляционной функции.
19. Поясните процесс распознавания и дайте графическую интерпретацию этого явления.
20. Приведите пример непересекающихся распределений плотности вероятности реализации X от состояния A .
21. Приведите пример тождественного распределения плотности вероятности реализации X от состояния A .
22. Приведите пример пересекающихся распределений плотности вероятности реализации X от состояния A .
23. Приведите формулу Байеса.
24. Назовите статистические критерии обнаружения.
25. Поясните критерий минимального риска Байеса.
26. Поясните критерий минимальной деятельности эксперимента Вальда.
27. Назовите основные проблемы, связанные с передачей информации.
28. Дайте определение канала связи и линии связи.

29. Особенности использования механических каналов передачи.
30. Особенности использования акустических каналов передачи.
31. Особенности использования оптических каналов передачи.
32. Особенности использования радио каналов передачи.
33. Приведите эквивалентную схему электрической линии связи с распределёнными параметрами.
34. Приведите формулу расчёта волнового сопротивления.
35. Поясните принцип разделения каналов в системах передачи данных.
36. Поясните пространственное разделение каналов.
37. Поясните дифференциальное разделение каналов.
38. Поясните частотное разделение каналов.
39. Поясните временное разделение каналов.
40. Поясните разделение каналов по уровню.
41. Поясните фазовое разделение каналов.
42. Поясните кодовое разделение каналов.
43. Поясните корреляционное разделение каналов.
44. Перечислите виды структур каналов передачи информации.
45. Приведите схему канала связи с модуляцией.
46. Приведите схему канала передачи с информационной обратной связью.
47. Приведите схему канала передачи с решающей обратной связью.
48. Назовите основные условия согласования характеристик сигнала и канала.
49. Назовите методы повышения помехоустойчивости передачи и приёма информации.
50. Приведите схему помехоустойчивого приёма.
51. Назовите основные методы фильтрации.

52. Поясните принцип работы многопроцессорных ассоциативных систем.
53. Приведите различные виды структур ассоциативных процессоров.
54. Представьте структуру параллельного процессора ассоциативной системы.
55. Представьте структуру поразрядно-последовательного процессора ассоциативной системы.
56. Дайте сравнительный анализ по быстродействию обработки и поиска информации матричных ассоциативных систем.
57. Поясните принцип построения конвейерных многопроцессорных систем.
58. Приведите структурную схему конвейерных команд.
59. Поясните быстродействие выполнения команд в конвейерных системах.

Системный подход к построению информационных систем

При проектировании всегда возникают задачи обеспечения высокоэффективных систем и повышения эффективности самого процесса проектирования.

Методологией анализа и построения систем управления, учитывающей их специфику (сложность систем, масштабность, высокая стоимость, неполный объем исходной информации и т.д.) является системный подход, а область науки и техники, изучающая технические проблемы с позиций системного подхода, называется системотехникой.

Системотехника имеет важное значение благодаря тому, что ее положения предписывают инженеру, разрабатывающему системы, определенный образ действий и во многом предопределяет направление его мышления.

Системный подход, учитывая спец. особенности современных систем управления:

1. Многофункциональный характер управления.
2. Большое число составных частей, взаимосвязей.
3. Наличие общей цели функционирования.
4. Воздействие большого числа случайных факторов.
5. Случайный характер эксплуатации.
6. Учет экономических факторов.

3.1 Системотехника и системотехническое проектирование.

Системотехника прикладное научное направление, охватывающее проектирование, изучение, испытания и эксплуатацию сложных систем.

К классу сложных систем обычно относят крупные технологические, производственные, энергетические, коммуникационные комплексы, системы

автоматизированного управления (АСУ), многопроцессорные вычислительные системы высокой производительности и другие объекты.

Кроме технических систем, класс сложных систем, включает многие экономические, социологические, биологические, экологические и другие объекты и процессы.

Естественно сложная система ассоциируется с объектом составным, представляющим собой совокупность отдельных частей, и в то же время объектом комплексным, отдельные части которого функционируют в тесном взаимодействии и составляют с некоторой точки зрения единое целое.

Главная роль при разработке систем принадлежит специалистам системотехники осуществляющим координирующие функции на системном уровне, где происходит сопоставление и объединение отдельных локальных результатов, получаемых специалистами более узкого профиля.

Отсутствие такой координации опасно с точки зрения возможности рассогласованности частных решений, имеющих свои особенности (хотя каждое из них должно учитывать высшие интересы создаваемой или изучаемой системы).

Сложные системы при изучении приходится расчленять на конечное число частей, учитывая связи между частями, характеризующими их взаимодействие (подсистемы).

Подсистемы, не подлежащие дальнейшему расчленению, называются элементами сложной системы.

Перечисленные особенности систем определяют основные принципы системного подхода.

1. Проектирование должно быть комплексным.
2. Процесс проектирования должен иметь иерархическую структуру.
3. Метод декомпозиции.
4. Проектирование системы - итерационный процесс.

Такая методика придает проектированию циклический характер, приводит к многократному анализу процесса функционирования проектируемой системы.

5. При проектировании следует предусматривать свойство открытости системы.

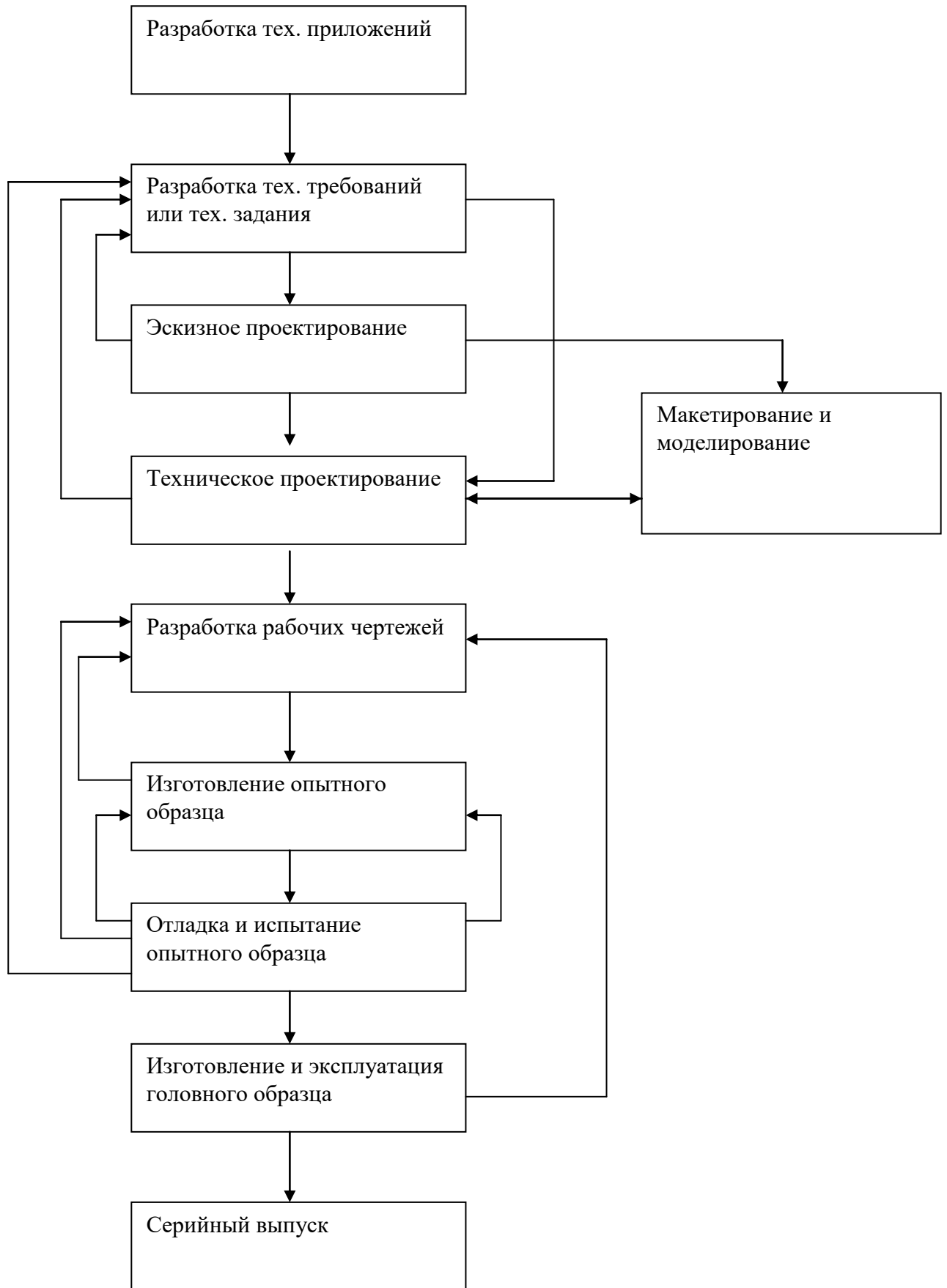
3.2 Основные этапы проектирования информационных систем

На каждом из перечисленных этапов возникают многочисленные вопросы, ответы на которые могут быть только в результате исследования системы и внимательного изучения качественных и количественных данных, полученных при исследовании.

Применительно к объектам большой сложности, особое значение приобретает первый этап.

Поскольку разработчики системы еще не определены, исследования по обоснованию требований к системе организует заказчик, силами подчиненных или привлекаемых со стороны научных учреждений. В результате этих исследований должно быть получено:

1. четкое определение целей создания системы и возложенных на нее задач.
2. перечень действующих на систему факторов и их числовые характеристики.
3. обоснование показателей эффективности, загруженности, помехозащищенности и т.д., а также количественные требования к ним.



Все это оформляется в виде тех. задания на проектирования, которое служит руководящим документом на всех этапах создания системы.

В качестве приложения к тех. заданию прилагается отчет, содержащий более полные сведения по анализу и исследованию. Отчет заканчивается построением сетевого графика, освещающего последовательность этапов разработки и согласования их по времени, размерам капиталовложений, фондам на предметы материального технического снабжения.

Заказчик, после обсуждения и корректировкой Т.З. согласует его с головным разработчиком и представляет на утверждение в вышестоящие организации.

1 этап – разработка технических предложений.

Проверяется изучение и анализ существующей системы управления, выявляются недостатки, и формулируется общая постановка задачи создания ИВС. При этом заказчик, обеспечивает сбор, систематизацию и представление разработчику всей необходимой информации.

На основании этих работ выполняется ориентировочная оценка стоимости, сроков ее создания и приводятся соображения о необходимости и эффективности создания.

2 этап – разработка тех. Задания (ТЗ).

Заказчик создает исходные требования к системе, обусловленные ее назначением и условиями ее создания или использования.

Согласовываются критерии качества построения системы для оценки способа достижения цели.

Определяются сроки разработки и приобретения технических средств математического обеспечения, определяются условия эксплуатации и др. характеристики. ТЗ оформляется заказчиком в виде документа, подписывается, согласовывается и утверждается заказчиком и исполнителем в соответствии с установленным порядком.

3 этап – разработка эскизного проекта.

В эскизном проекте должно быть предложено несколько вариантов решения тех или иных вопросов, проанализированы их достоинства и недостатки, выполнены оценки надежности.

На этапе эскизного проекта производятся согласования всех связей проектируемой системы с источниками и потребителями информации и исполнительными средствами других систем. На этом этапе проводится размещение всех приборов системы на объекте с учетом требований к их расположению.

Составляется общий сетевой график создания системы с учетом взаимодействия всех учитывающих в разработке организаций.

4 этап – технического проектирования.

Здесь в отличие от эскизного проекта определяются единственные решения основных вопросов, эти решения и будут реализовываться в процессе последующего проектирования.

4 этап. Головной разработчик, получивший ТЗ, приступает к проектированию системы.

Проектирование сложных систем имеет две достаточно ярко выраженные стадии:

- макропроектирование или внешнее проектирование системы.
- микропроектирование или внутреннее проектирование.

Внешнее проектирование охватывает выбор структуры системы, основных ее элементов, организацию взаимодействия между элементами, учет воздействий внешней среды, оценку показателей эффективности и соответствия рассматриваемого варианта системы общим требованиям тех. задания.

Внутренне проектирование связано с проектированием элементов сложной системы как физических единиц оборудования. Микропроектирование включает технические решения по основным элементам системы, их конструкции и параметрам, режимам эксплуатации, а также по организации опытного и серийного производства.

Внешнее проектирование является сравнительно новой задачей. Первые работы по обобщению опыта и методик положили начало системотехнике.

Внешнее проектирование предъявляет особые требования к специализации инженеров-проектировщиков. Здесь нужны в первую очередь специалисты высокого профиля. Инженер-системотехник кроме знания соответствующей области техники должен иметь серьезную подготовку по ТАУ, комплексной автоматизации, ВТ, математическому моделированию, исследованию операций и системному анализу. Он обязан владеть методами оценки эффективности, надежности, устойчивости и свойств сложных систем.

В группу, занимающуюся внешним проектированием, включаются и инженеры, знающие работу отдельных элементов системы, а также экономисты, специалистов по инженерной психологии, организации труда, строительству коммунальному хозяйству и др.

Вначале рассматриваются возможные варианты построения системы, их оценка и выбор одного из них для более детального исследования.

Типичным методом исследования сложных систем на этом этапе проектирования является моделирование их на ЭВМ.

Модели должны удовлетворять след. требованиям:

1. Хорошо отражать структуру системы
2. Отражать специфику функционирования элементов системы с учетом внешней среды
3. Содержать все параметры системы.

Нередко данные внешнего проектирования оформляются в виде эскизного проекта системы. Эскизный проект является лишь предварительной наметкой общих контуров системы и служит промежуточным звеном между разработкой ТЗ и технического проекта.

По результатам эскизного проекта производится корректировка и уточнение технического задания, решаются вопросы, связанные с изготовлением опытного образца системы составляются проектные задания на строительство и монтаж оборудования.

Разработка технического проекта системы относится, главным образом, к микропроектированию ее элементов и взаимодействия элементов в процессе функционирования.

Пример проектирования АСОИУ на заводе.

Задачи внешнего проектирования:

- разработка принципов управления
- определение числа каналов связи между цехами и заводским ВЦ, выполняющим функции координатора
- выбор типов ЭВМ
- согласование форм документов, содержащих информацию для руководства, распределения ресурсов времени ВЦ по видам заданий

Внутреннее проектирование заключается в создании различных датчиков, отладке программ для ЭВМ, оборудовании рабочих мест операторов, организации контроля исполнения команд.

По мере продвижения работ какая-то часть внешнего проектирования может перейти в задачи внутреннего проектирования, хотя те и другие сохраняются всегда, влияют друг на друга, стимулируют поиск нетрадиционных решений.

Практика показывает, что рассматриваемые процессы развиваются непросто и сопровождаются многократным обращением к уже найденным решениям (включая корректировку). Поэтому в схеме указаны обратные связи, отражающие объективную необходимость всесторонней подготовки каждого этапа проектирования.

Этап проектирования представляет собой выпуск рабочей документации, по которой изготавливается система, проверяется ее отладка. Разрабатываются рабочие программы и инструкции по ее использованию и изменению, должностные инструкции персоналу с указанием действий в случае отказа технических средств. Все документы согласовываются и утверждаются заказчиком.

Разработка опытного образца.

Выполняются те же работы что и при разработке тех. прос. но только в плане опытно-конструкторских работ, относящихся к отдельным деталям, узлам, подсистемам.

В итоге подготавливается документация на производство всех необходимых компонентов будущей системы, и намечаются предприятия-изготовители.

Испытания.

Различают автономные и комплексные испытания.

Автономные испытания относятся к элементам системы и имеют целью проверку правильности функционирования оборудования и получение экспериментальных данных для оценки параметров и режимов эксплуатации.

Комплексные испытания системы в целом применяются для обработки взаимодействия между элементами и подсистемами на различных уровнях иерархии и проверки соответствия системы тех. заданию.

Для испытаний сложных систем характерно широкое использование различных видов имитации воздействий внешней среды.

Материалы автономных и комплексных испытаний оформляются в виде протокола и служат основанием для принятия связанных с дальнейшей разработкой и вводом в эксплуатацию сложных систем.

Отмеченное разнообразие информационных обменов, сопровождающих работу проектирования. Это сохраняется в том или ином виде и после того как разработанная система начнет самостоятельную деятельность.

Особенности применения ИС в промышленности

Промышленный мир стремится к информационной интеграции. Точная, своевременная, достоверная информация на производстве все более определяет производительность труда, уровень издержек, качество и конкурентоспособность продукции.

Исторически процесс информатизации происходил одновременно с 2-х сторон: сверху АСУП, снизу АСУТП.

Сверху (в офисах) создавались информационные структуры, отвечающие за работу предприятия в целом. Это автоматизация бухгалтерского учета, управления финансами и мат. делами, техническим снабжением, организации документооборота.

Попытки применения офисных ПК в промышленности, для автоматизации ТП оказываются неудачными, т.к. необходимо учитывать специфику:

1. Стохастический характер информационного процесса
2. Быстротечность информационных процессов
3. Большое количество взаимосвязанных коллективов
4. Достоверность и надежность функционирования ИС
5. Особые условия эксплуатации:

- Температурный диапазон: $-60^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$
- Влажность
- Шумы
- Вибрации
- Пылезащитность
- Электромагнитные поля
- Электро- и пожаробезопасность
- Взрывоопасность
- Воздействие агрессивных сред
- Радиоактивная стойкость и т.д.

6. Экономические вопросы

Пути решения:

- Одноплатные компьютеры
- Многоплатные компьютеры
- Индустриальные рабочие станции

Программное обеспечение:

SCADA – системы

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition System – система сбора данных и оперативного диспетчерского управления.

Функции SCADA:

1. Сбор данных о контролируемом технологическом процессе
2. Управление ТП, реализуемое ответственными лицами на основе собранных данных и правил (критериев), выполнение которых обеспечивает наибольшую эффективность и безопасность ТП.

ПО SCADA обеспечивает выполнение следующих функций:

1. Прием информации от датчиков и контроллеров нижнего уровня
2. Сохранение принятой информации в архивах
3. Вторичная обработка информации
4. Графическое представление хода ТП, а также принятой и архивной информации в удобной для восприятия форме
5. Прием команд оператора и передача их в адрес контроллеров нижних уровней и ИУ
6. Регистрация событий, связанных с контролируемым ТП и действиями персонала, ответственного за эксплуатацию и обслуживание систем
7. Оповещение об авариях
8. Формирование сводок и отчетов
9. Обмен информацией с АСУП
10. Непосредственное автоматическое управление ТП в соответствии с заданными алгоритмами

Замечания по функциям SCADA:

Разработчику АСУТП следует на этапе проектирования продумать целесообразность совмещения функций автоматического управления и операторского интерфейса. Хотя такое совмещение позволяет экономить на аппаратных средствах, но оно может иметь ряд негативных последствий.

Во-первых, может оказаться, что операционная система (Windows) не обеспечивает необходимую скорость и/или детерминированность реакции SCADA-системы.

Во-вторых, неумелые действия оператора или запуск им несанкционированного ПО может вызвать сбой, крах, зависание системы (хотя Windows NT дает защиту от таких действий [Перезапуск «Reset» – нарушает работу в PMB]).

SCADA – системы являются инструментом для эффективной разработки ПО верхнего уровня АСУТП, позволяют снизить стоимость на разработку, сопровождение. Вместе с тем, следует учитывать, что в тонкостях ТП разбирается только технолог, как правило, не обладающий навыками программирования.

SCADA должна быть доступной не только для разработчиков, но и для конечного пользователя.

SCADA должна быть открытой системой, так как часто SCADA имеют специфические механизмы обмена данными с аппаратурой ввода-вывода (ограничения в выборе технических средств и невозможность использования имеющихся или вновь появляющихся).

Кроме того, драйвера, поставляемые производителями SCADA-систем или имеют ошибки, или не поддерживают все функциональные возможности тех. средств.

Вы знакомы со SCADA-системой на стандарте OPS

Trace Mode версии 4.10, 4.20.

Появилась новая версия Trace Mode для Windows NT, имеющая следующие отличия:

1. Обеспечение единых инструментальных средств (единой линии программирования), как для разработки операторских станций, так и для программирования контроллеров.
2. Разработка распределенной АСУТП как единого проекта.
3. Технология автопостроения проекта.

С появлением IBM PC совместимых контроллеров появилась возможность унифицировать ПО для операторских ПК и промышленных контроллеров. Это было реализовано в версии Trace Mode 4.20, была выпущена специальная исполнительная система для контроллеров – микро MPB.

В новой версии Trace Mode для Windows NT технология сквозного программирования была усовершенствована.

Редактор базы каналов Trace Mode 5 приведен в соответствие со стандартом МЭК. Программирование может осуществляться визуальными интуитивно понятными инженерам-технологам методами в виде функциональных блоков:

- язык Техно FBD
- или язык инструкций Техно IL

Контрольные вопросы

1. Что такое системотехника и системотехническое проектирование?
2. Приведите основные принципы системного подхода к построению информационных систем?
3. Назовите основные этапы проектирования информационных систем.
4. Чем заканчивается этап разработки технических предложений?
5. В каких случаях используется этап моделирования проектируемой системы?
6. Назовите основные способы испытаний разрабатываемой системы?

Заключение

Перспективы развития и использования информационных технологий

Материальное производство обеспечивает выпуск товаров, машин, телевизоров и т.д. высокого качества и по низкой цене. Простая цель, но как этого достичь? Ответ кроется в глобальном управлении качеством – TQM (Total Quality Management).

Благодаря TQM, японские компании получили репутацию лучших производителей лучших товаров в мире.

TQM берет основные правила сборочного конвейера и ставит их с головы на ноги. TQM предписывает, что вместо рассуждений о качестве по завершению процесса производства продукции, с него надо начинать.

Установить процессы, которые гарантируют производство только идеальных деталей, лучше, нежели смириться с фактом, что некоторые детали будут иметь брак.

Как это сделать? Что значит качество? Качество означает согласованность результатов. Всегда работающая ЭВМ, дисплей с неизменно точным цветом.

В основе лежит организация производства на основе саморегулируемого процесса.

1). Каждый работник ответствен за производство и проверку изделия, агрегата, модуля. Вместо выполнения определенной задачи рабочий управляет своим собственным процессом (выявляет и исключает бракованные детали).

2). Каждый работник обеспечен тестами, инструментом или другим оборудованием для проверки своего модуля.

Результат TQM – это больше, чем просто изменение применяемого в производстве метода, это коренная перестройка всего производства.

Самым большим изменением в результате TQM стало изменение роли классического производственного работника. Поскольку ориентация

производства смещается с мелких самоограниченных задач к большим саморегулирующим процессам.

Чтобы это получить, необходимо:

- В каждой организации производственные работники должны нести ответственность за все основные решения;
- Вся информация, необходимая работнику для производства идеальной продукции, должна быть получена вовремя;
- Все решения, связанные с качеством, должны приниматься людьми, которые эту работу выполняют, и до того, как она будет завершена.

TQM заставляет нас думать о более широких процессах, вместо индивидуальных задач. Если с одной меркой подходить к производственным процессам и к организациям (офисам), результаты получаются поразительные.

Офисные (учрежденческие) процедуры почти также как и производственные процессы исторически развивались в соответствии с философией сборочного конвейера. Сложные процедуры упрощались до очень маленьких задач, которые могут выполняться даже неквалифицированными и недумающими работниками.

Во-первых, задачно-ориентированные информационные процессы развиваются невероятно медленно — шаг за шагом, каждая задача ассоциируется с очередностью.

Во-вторых, такие процессы очень не гибки.

BPR подразумевает использование того же клиентского взгляда, который относился к производству, к процессам, протекающим в условиях офиса.

Во всех вопросах нарушения решений переходят на нижний уровень. Философские изменения заключаются в том, чтобы убедить работников офиса начать думать и нести ответственность за возможные результаты.

Информационное производство — это группа людей, обрабатывающих информацию.

Массовые ИТ, в которых получается наибольшая экономия социального времени именно благодаря их широкому и многократному использованию.

1) ИТ подготовки, хранения, обработки и копирования текстовой информации. Прежде всего, компьютерные технологии на базе ПК (во всех сферах деятельности).

Выделим перспективные направления дальнейшего развития этих технологий:

- Социальная проблема здесь заключается в том, что, вступая в информационное общество, мы, тем не менее, продолжаем плодить колоссальное количество бумажных документов, значительную часть которых затем придется переводить в электронную форму для архивного хранения, компьютерного анализа или же передачи по каналам связи.

Необходимо на общегосударственном уровне сделать их освоение обязательной принадлежностью учебных заведений, переподготовки кадров.

- Обязательно иметь электронные копии научных статей, отчетов, диссертаций, законодательных актов, технической документации.

- Создание программ поиска и устранения ошибок, внесения редакционных правок, монтажа текстов, нумерации страниц и т.д. Решение проблемы дружественного интерфейса (в том числе пиктографического).

2) Технологии «электронизации» информационных ресурсов – обеспечение доступа накопленной информации всеми членами общества. Главную роль здесь играют комплексные программы на уровне правительственных органов России (мин образование, РАН, библиотека авторефератов, диссертаций, методик).

3) Сетевые ИТ – это и обмен информацией между отдельными пользователями, а также кооперативного использования распределенных информационных ресурсов из различных фондов.

а) ЛВС предприятий, вузов, в органах управления

б) Создание территориальных информационно-телекоммуникационных систем глобального масштаба (спутниковая связь, ВОЛС)

с) Создание региональных информационно-телекоммуникационных систем городского, областного, республиканского масштаба.

Единые принципы совместимости информационных технологий массового обслуживания населения

- Банковские информационные технологии (организация работы в сберегательных банках, исключение очередей, оказание типовых услуг, юридическое обслуживание)
- Справочные системы для населения в организациях, аэропортах, вокзалах, информационные указатели на дорогах и др.

5) ИТ в среде организационного управления.

Наличие полной, достоверной и своевременной информации о состоянии тех или иных ресурсов, находящихся в распоряжении данного предприятия, дает возможность принимать правильные решения

- Повышение роли региональных и муниципальных органов управления, то есть развитие информационных средств и технологий регионального управления
- Повышение аналитической деятельности, создание аналитических служб, задач которых является многоаспектный анализ информации.

Все это требует решения задач семантического поиска информации в больших массивах и базах данных различного рода текстовых документов (системный анализ).

б) ИТ и проблема обеспечения национальной безопасности России.

На правительственном уровне разработана «Концепция информационной безопасности РФ», где показана связь национальной и информационной безопасности с проблемами защиты жизненно важных интересов личности, общества и государства в информационной сфере.

Таким образом, ИТ необходимо сегодня рассматривать не только как средство рациональной организации информационной среды современного общества, но и как катализатор процесса его дальнейшего развития.

Новые ИТ, изменяющие правила работы компании

Прежнее правило	Технология	Новое правило
1. Информация может появиться в одно время в одном месте	Распределенные БД	Информация может появиться одновременно в разных местах тогда, когда она необходима
2. Сложную работу могут выполнять только эксперты	Экспертные системы	Работу может выполнять специалист по общим вопросам
3. Необходимо выбирать между централизацией и децентрализацией	Телекоммуникационные сети	Можно одновременно получать преимущества от централизации и децентрализации
4. Все решения принимают менеджеры	Средства поддержки принятия решений, доступ к БД, средства моделирования	Принятие решений становится частью работы каждого сотрудника
5. Специалистам для получения, хранения, поиска и передачи информации требуется офис	Беспроводная связь и переносные комплексы	Специалисты могут посылать и получать информацию из того места, где они находятся
6. Лучший контакт – личный контакт	Интерактивный видеодиск	Лучший контакт – эффективный контакт
7. Для того, чтобы найти некую сущность, необходимо знать, где она находится	Технология автоматического индексирования и отслеживания	Сущности говорят, где они находятся
8. План пересматривается периодически	Высокопроизводительная ЭВМ	План пересматривается оперативно по мере необходимости

9.Аппаратные и ПО не взаимодействуют с новыми средствами	Технология открытых систем	Возможность использования различных платформ и переносимость ПО
--	----------------------------	---

Конвергенция ИТ, телекоммуникаций и медиа-средств

Цифровые технологии позволяют разрабатывать информационные и телекоммуникационные инфраструктуры более высокой производительности, дающие возможность через одни и те же коммуникационные сети предоставлять как новые, так и традиционные услуги и обеспечивать при этом интеграцию голоса, видео и данных с такими устройствами, как телефон, телевизор и ПК.

Это явление получило название КОНВЕРГЕНЦИЯ.

Размывание границ между телекоммуникациями, ИТ и медиа-индустрии приводит к появлению новых участников рынка, использующих полный потенциал Internet-технологий для предоставления содержания, доступа или услуг.

2) ИТ подготовки, хранения, обработки и копирования текстовой информации. Прежде всего, компьютерные технологии на базе ПК (во всех сферах деятельности).

Выделим перспективные направления дальнейшего развития этих технологий:

- Социальная проблема здесь заключается в том, что, вступая в информационное общество, мы, тем не менее, продолжаем плодить колоссальное количество бумажных документов, значительную часть которых затем придется переводить в электронную форму для архивного хранения, компьютерного анализа или же передачи по каналам связи.

Необходимо на общегосударственном уровне сделать их освоение обязательной принадлежностью учебных заведений, переподготовки кадров.

- Обязательно иметь электронные копии научных статей, отчетов, диссертаций, законодательных актов, технической документации.
- Создание программ поиска и устранения ошибок, внесения редакционных правок, монтажа текстов, нумерации страниц и т.д. Решение проблемы дружественного интерфейса (в том числе пиктографического).

4) Технологии «электронизации» информационных ресурсов – обеспечение доступа накопленной информации всеми членами общества. Главную роль здесь играют комплексные программы на уровне правительственных органов России (мин образование, РАН, библиотека авторефератов, диссертаций, методик).

5) Сетевые ИТ – это и обмен информацией между отдельными пользователями, а также кооперативного использования распределенных информационных ресурсов из различных фондов.

- d) ЛВС предприятий, вузов, в органах управления
- e) Создание территориальных информационно-телекоммуникационных систем глобального масштаба (спутниковая связь, ВОЛС)
- f) Создание региональных информационно-телекоммуникационных систем городского, областного, республиканского масштаба.

Единые принципы совместимости информационных технологий массового обслуживания населения

- Банковские информационные технологии (организация работы в сберегательных банках, исключение очередей, оказание типовых услуг, юридическое обслуживание)
- Справочные системы для населения в организациях, аэропортах, вокзалах, информационные указатели на дорогах и др.

5) ИТ в среде организационного управления.

Наличие полной, достоверной и своевременной информации о состоянии тех или иных ресурсов, находящихся в распоряжении данного предприятия, дает возможность принимать правильные решения

- Повышение роли региональных и муниципальных органов управления, то есть развитие информационных средств и технологий регионального управления
- Повышение аналитической деятельности, создание аналитических служб, задачей которых является многоаспектный анализ информации.

Все это требует решения задач семантического поиска информации в больших массивах и базах данных различного рода текстовых документов (системный анализ).

б) ИТ и проблема обеспечения национальной безопасности России.

На правительственном уровне разработана «Концепция информационной безопасности РФ», где показана связь национальной и информационной безопасности с проблемами защиты жизненно важных интересов личности, общества и государства в информационной сфере.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Аннотация	2
Введение	3
ГЛАВА 1. Информация и системы.	
1.1. Виды, формы и структура информации	5
1.2. Количественные и качественные характеристики информации	13
1.3. Основные понятия систем. Краткая историческая справка	27
1.4. Формализованные представления о системах	31
1.5. Принципы кибернетики в системном анализе	34
1.6. Состав и структура системы. Способы описания структур.	39
1.7. Целевое предназначение и эффективность систем	46
1.8. Классификация информационных систем	48
Контрольные вопросы	52
ГЛАВА 2. Базовые информационные процессы, их характеристики и модели.	
2.1. Извлечение (восприятие) информации	55
2.2. Обнаружение и распознавание	75
2.3. Передача информации	91
2.3.1. Разделение каналов	98
2.3.2. Варианты структур каналов передачи информации	111
2.3.3. Повышение помехоустойчивости передачи и приема	121
2.4. Обработка информации	125
2.4.1. Принципы обработки потоков команд и данных	129
2.4.2. Схемы управления вычислительными процессами при параллельной обработке	137
2.4.3. Способы коммутации процессоров и модулей оперативной памяти	140
2.4.4. Матричные системы	144
2.4.5. Ассоциативные процессоры	149
2.4.6. Конвейерные многопроцессорные системы	155
2.5. Представление и использование информации	159
Контрольные вопросы	161

ГЛАВА 3. Системный подход к построению информационных систем.	164
3.1. Системотехника и системотехническое проектирование.	164
3.2. Основные этапы проектирования информационных систем	166
Заключение	178
Оглавление	187