

Автоматизированные системы управления и связь



Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и
защита окружающей среды»

Лекционный курс

Авторы

В.И. Зыков, А.Н. Петренко, А.Б. Мосягин, В.Е. Мереняшев

Аннотация

Лекционный курс по дисциплине «Автоматизированные системы управления и связь» предназначен для специальностей 280705 и 280104 «Пожарная безопасность»

Авторы

В.И. Зыков, д.т.н., профессор

А.Н. Петренко, к.т.н., доцент

А.Б. Мосягин, к.т.н., доцент

В.Е. Мереняшев, к.в.н., доцент

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛЕКЦИЯ №1	8
Тема №1 «Информационные основы электросвязи»	8
1.1. Электрическая связь	8
1.2. Связь и её общие характеристики	12
ЛЕКЦИЯ №2	14
Тема №1 «Информационные основы электросвязи»	14
1.3. Сообщение, сигнал и канал связи	14
1.4. Количество сведений и пропускная способность системы связи	19
ЛЕКЦИЯ №3	22
Тема №2 «Основы проводной связи»	22
2.1. Телефонная связь и ее составные элементы	22
2.1.1. Схемы телефонной связи с местным и центральным питанием	25
ЛЕКЦИЯ №4	27
Тема №2 «Основы проводной связи»	27
2.2. Явление местного эффекта	27
2.2. Линии связи и их характеристики	29
ЛЕКЦИЯ №5	32
Тема №2 «Основы проводной связи»	32
2.3. Принципы построения автоматической телефонной станции ...	32
2.4. Структура телефонной сети города	35
2.5. Связь «01» и устройство автоматического определения номера телефонного абонента (УОН)	37

Автоматизированные системы управления и связь

2.6. Телеграфная и фототелеграфная связь	38
2.7. Диспетчерская оперативная связь.....	39
ЛЕКЦИЯ №6	41
Тема №3 «Основы радиосвязи»	41
3.1. Структура и основные элементы радиосвязи	41
3.2. Излучение и распространение радиоволн	43
ЛЕКЦИЯ №7	45
Тема №3 «Основы радиосвязи»	45
3.2.1. Образование радиоволн, диполь Герца	45
3.2.2. Графическое представление электромагнитных излучений	46
3.2.3. Деление радиоволн на диапазоны. Особенности	
распространения радиоволн в КВ и УКВ диапазонах.	47
3.3. Схемы антенно-фидерных устройств	49
ЛЕКЦИЯ №8	51
Тема №3 «Основы радиосвязи»	51
3.4. Антенно-фидерные устройства радиостанций, используемых в	
пожарной охране.....	51
3.4.1. Требования к антеннам и основные типы антенн	51
3.4.2. Диаграммы направленности антенн	52
3.4.3. Основные параметры антенн	53
3.4.4. Конструкции антенн, применяемых в пожарной охране.	54
3.4.5. Фидерные устройства	56
ЛЕКЦИЯ №9	58
Тема №3 «Основы радиосвязи»	58
3.5. Устройство и принцип работы радиостанций и их основных узлов	
.....	58
3.5.1. Структурная схема радиопередающего устройства	58

Автоматизированные системы управления и связь

ЛЕКЦИЯ №10	64
Тема №3 «Основы радиосвязи»	64
3.5.2. Структурная схема радиоприемного устройства.....	64
3.5.3. Тактико-технические характеристики радиостанций, применяемых в пожарной охране	67
ЛЕКЦИЯ №11	70
Тема №4«Организация связи в пожарной охране»	70
4.1. Структурная схема оперативной связи гарнизона пожарной охраны	70
4.2. Основные характеристики функционирования сетей связи пожарной охраны	72
4.3. Организация связи на пожаре	75
ЛЕКЦИЯ №12	78
Тема №4 «Организация связи в пожарной охране»	78
4.4. ПЛАНИРОВАНИЕ СЕТЕЙ РАДИОСВЯЗИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАДИОСРЕДСТВ.....	78
4.4.1. Организация планирования радиосетей.....	78
4.4.2. Вопросы ЭМС при планировании сетей связи пожарной охраны	79
ЛЕКЦИЯ №13	82
Тема №4 «Организация связи в пожарной охране»	82
4.4.3. Расчет ЭМС 2-х близко расположенных радиостанций.....	82
(в пределах крыши служебного здания)	82
4.4.4. Расчет координационных расстояний.....	84
4.4.5. Субъективная оценка качества радиосвязи	84
4.4.6. Расчет дальности действия ОВЧ (УКВ) радиосвязи	85
ЛЕКЦИЯ №14	90

Автоматизированные системы управления и связь

Тема №4 «Организация связи в пожарной охране»	90
4.5. Организация деятельности ЦУС, ПСО, ПСЧ.....	90
4.6. Организация единых дежурно-диспетчерских служб. <i>Нормативное правовое и нормативно-техническое обеспечение создания ЕДДС.</i>	92
ЛЕКЦИЯ №15	97
Тема №5 «Основы АСУ и автоматизированные системы оперативного управления пожарной охраны».....	97
5.1. Роль и место автоматизированных систем управления в ГПС..	97
5.2. Классификация АСУ	99
5.3. Основные понятия и определения АСУ.....	102
ЛЕКЦИЯ №16	111
Тема №5 «Основы АСУ и автоматизированные системы оперативного управления пожарной охраны».....	111
5.4. Назначение, состав и решаемые задачи АСОУПО	111
5.5. Автоматизированные системы оповещения	117
ЛЕКЦИЯ №17	124
Тема №6 «Современные инфокоммуникационные технологии передачи информации»	124
6.1. Понятие о системах телеобработки.....	124
6.2. Организация передачи данных	128
ЛЕКЦИЯ №18	135
Тема №6 «Современные инфокоммуникационные технологии передачи информации»	135
6.3. Цифровые сети связи	135
6.4. Технология мультиплексирования.....	141
ЛЕКЦИЯ №19	145

Автоматизированные системы управления и связь

Тема №6 «Современные инфокоммуникационные технологии передачи информации»	145
6.5. Теоретическая модель ЦСС.....	145
6.6. Базовые сетевые технологии.....	151
ЛЕКЦИЯ №20.....	154
Тема №6 «Современные инфокоммуникационные технологии передачи информации»	154
6.7. Особенности функционирования локальных и глобальных информационных сетей.....	154
6.8. Принципы объединения сетей	158
6.9. Реализация современных цифровых сетей связи.....	161
ЛЕКЦИЯ №21.....	170
Тема №7 «Эксплуатация технических средств связи ТСС), используемых в пожарной охране»	170
7.1. Техническое обслуживание ТСС.....	170
7.2. Виды технического обслуживания ТСС	173
7.3. Задачи технического обслуживания ТСС. Ремонт.....	175
7.4. Периодичность и объем профилактики ТСС.....	176
7.5. ОЦЕНКА ДОСТАТОЧНОСТИ КОМПЛЕКТА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ, ИНСТРУМЕНТОВ И ПРИНАДЛЕЖНОСТЕЙ СРЕДСТВ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ	178
7.6. Экономические показатели технического обслуживания ТСС .	180

ЛЕКЦИЯ №1

Тема №1 «Информационные основы электросвязи»

1.1. Электрическая связь

Интеллектуальная деятельность человека, работа технических средств автоматики, связи, компьютерной техники и других устройств, связаны с хранением, переработкой и передачей различных сообщений: речевых, текстовых, аудио-, видеоизображений и т.д. Сведения, как содержащиеся в таких сообщениях, так и получаемые с помощью средств связи, являются информацией. Информацию, еще не усвоенную и необработанную пользователем, циркулирующую в каналах связи, вычислительных системах, устройствах, аппаратуре технических систем называют данными. Физические возмущения в средах, цепях, имеющие вид волновых процессов и обеспечивающие передачу информации, представляют собой сигналы. Сообщения и сигналы подразделяют на непрерывные и дискретные. Непрерывные сигналы называют аналоговыми, дискретные – цифровыми.

Существуют различные виды связи, обеспечивающие передачу информации в *аналоговой* и *дискретной формах*. Информация в аналоговой форме передается, как правило, с помощью микрофона и воспринимается абонентом через телефон или громкоговоритель. Информация в дискретной форме передается средствами телеграфной связи и различными системами передачи данных. Факсимильная (фототелеграфная) связь является разновидностью систем передачи данных и обеспечивает передачу неподвижных изображений с помощью специальных фотоэлектромеханических преобразователей.

Электрическая связь предназначена для передачи на расстояние сообщений с помощью электрических сигналов по проводам или без проводов – в виде электромагнитных волн.

Сеть электросвязи – комплекс технических средств, которые обеспечивают перенос информации любого вида, используя для этого электромагнитные сигналы и различные среды распространения этих сигналов.

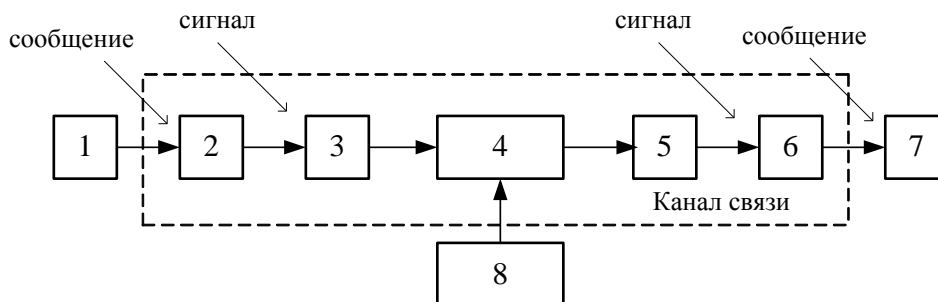


Рис. 1. Схема связи между 2-мя абонентами

1. Источник информации (отправитель)
2. Преобразователь неэлектрических сигналов в электрические

Автоматизированные системы управления и связь

3. Передатчик
4. Линия связи
5. Приемник
6. Преобразователь электрических сигналов в звуковые, световые и т.п.
7. Получатель
8. Источник внешних помех

В общем виде связь осуществляется следующим образом. Отправитель посылает сообщение на передающее устройство. Здесь сообщение превращается в электрический сигнал. Между сообщением и сигналом должно быть однозначное соответствие для того, чтобы на приемном устройстве сигнал мог быть снова превращен в сообщение, соответствующее переданному. Это обратное превращение выполняется приемником. При этом главным требованием является тождественность (совпадение) принятого и переданного сообщений. На практике выполнить это требование в полной мере не всегда удается из-за наличия искажений (помех). Помехи бывают как внешние, так и внутренние (например, тепловой шум элементов электронной схемы).

Передатчик и приемник связаны между собой линией связи, роль которой может выполнять пара проводов или любая среда, по которой электромагнитные волны распространяются от передатчика к приемнику.

Ещё один пример структурной схемы односторонней связи между двумя абонентами приведен на рис. 2. Таким образом, в общем виде система связи представляет собой совокупность технических средств (передатчика, линий связи и приемника), обеспечивающих передачу и прием сообщений.

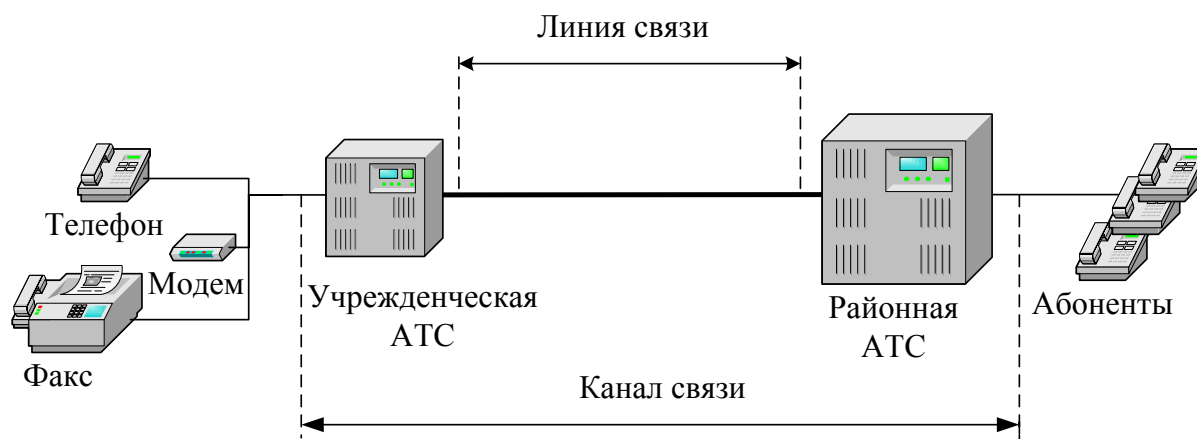


Рис. 2. Структурная схема связи между абонентами

Основным компонентом системы связи является ее сеть, по которой обеспечивается связь между любыми двумя абонентами. Как правило, применяют радиальную структуру сети, при которой абоненты данной территориальной группы соединены линиями связи с коммутационным узлом, а узлы — магистральными линиями соответствующей пропускной способности.

Структура сети связи гарнизона — это упорядоченная совокупность различных видов проводной и беспроводной связи, учитывающая топологию размещения абонентов и обеспечивающая обмен текущей служебной информацией между подразделениями гарнизона пожарной охраны и абонентами

Автоматизированные системы управления и связь

города, а также обмен оперативной информацией между пожарными подразделениями в целях управления силами и средствами тушения пожаров.

Структура сети связи должна обеспечивать достаточный запас живучести, т.е. в случае перегрузки или выхода из строя тех или иных участков сети должна предусматриваться возможность направления потока информации по обходным путям.

Для изучения структурных свойств сети связи следует воспользоваться ее моделью в виде графа. При этом узлы сети связи сопоставляются с вершинами графа, а каналы – с ребрами (рис.3). Каналы сети могут быть направленными и ненаправленными и называются соответственно *дугами* и *ветвями*. Исходящему узлу связи на графе соответствует вершина – *исток*, а входящему – *сток*.

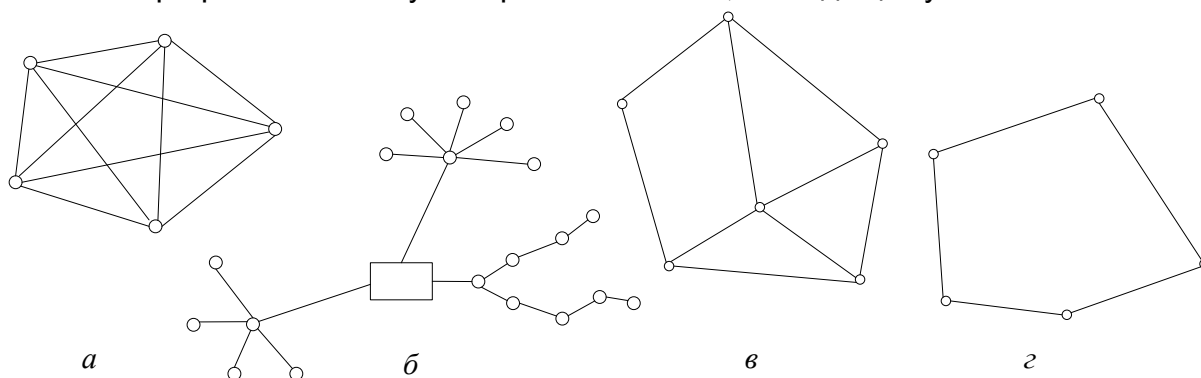


Рис. 3. Структура сети связи:

а – «каждый с каждым»; б – радиально-узловая; в – сеточная; г – кольцевая

Для количественных оценок каждому узлу приписывается некоторый вес, характеризующий то или иное его свойство как элемента маршрута для передачи информации (длина канала, пропускная способность, интенсивность потока, надежность, стоимость и т.п.). Узлы, соединяемые каналом, называются смежными, а число каналов, входящих в узел и исходящих из него, – его рангом. Узел с рангом, равным единице, является тупиковым, и через него не проходит никакой маршрут передачи сообщений.

Конфигурация связей в сети описывается с помощью нумерации узлов и указания для каждой пары узлов меры существования связей между ними. Структура сети может быть представлена в виде графа $\sigma \{A; B\}$, где $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – множество узлов; $B = \{B_{ij}\}$ – множество каналов между узлами a_i и a_j . В простейшем случае можно считать, что $B_{ij} = 1$, если имеется связь между узлами, и $B_{ij} = 0$, если связь отсутствует. Тогда структура сети может быть представлена в виде квадратной матрицы связанности (смежности). С каждой строкой этой матрицы однозначно сопоставлен исходящий узел, а со столбцом – входящий. Для структуры сети, изображенной на рис.3, матрица связанности имеет вид:

Автоматизированные системы управления и связь

$$\sigma_A = \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{matrix} = \begin{bmatrix} a & b & c & d & e & f \\ \infty & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & \infty & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \infty & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & \infty & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \infty & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & \infty \end{bmatrix},$$

где знак ∞ показывает, что связь узла «каждый с каждым» из рассмотрения исключается. При отсутствии направленных каналов связи матрица связанности симметрична относительно главной диагонали.

Учитывая, что каналы связи имеют различную пропускную способность, каждое ребро графа можно определить ее численным значением. Такой граф сети называется взвешенным (см. рис.4.8), где стрелками обозначены ориентированные каналы. Структуру данной сети можно представить следующей матрицей пропускных способностей:

$$G_B = \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{matrix} = \begin{bmatrix} a & b & c & d & e & f \\ \infty & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & \infty & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \infty & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & \infty & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \infty & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & \infty \end{bmatrix}.$$

Каждый элемент этой матрицы означает пропускную способность каналов в других ветвях B_{ij} размеченного графа. На графе могут быть заданы и другие параметры каналов и узлов, например длина, стоимость, задержка передачи, надежность, вероятность ошибки, задержка обработки сообщений, интенсивность обслуживания вызовов.

Полносвязная структура сети связи – структура, в которой каждая пара узлов имеет непосредственную связь между собой, т.е. это способ соединения рассредоточенных источников и потребителей информации (см. рис. 3а). При большом числе узлов подобная структура малореальна, так как требует $n(n-1)/2$ каналов ввода–вывода; а каждый из n узлов должен иметь $n-1$ каналов. Наиболее рациональна древовидная структура радиально-узловой типа с соподчинением (см. рис.3б), при которой число каналов равно $n-1$, при подключении дополнительных узлов требуется такое же число каналов. Однако для повышения устойчивости структуры следует увеличить число каналов за счет введения дублирования. *Сеточная* структура сети связи обеспечивает связь каждого узла с определенным числом смежных узлов в единое сеточное формирование. Частный случай этой структуры с числом n каналов (кольцевая структура) показан на рис.3г. Сеточная структура образуется объединением кольцевых структур, в которых для соединения заданного числа узлов требуется число каналов на

Автоматизированные системы управления и связь

единицу больше, чем в древовидной структуре. Следует отметить, что введение такого дополнительного канала повышает устойчивость всей сети связи за счет увеличения числа обходных маршрутов для передачи сообщений.

1.2. Связь и её общие характеристики

Важной характеристикой качества связи является достоверность, т.е. соответствие принятого сообщения переданному. Достоверность связи оценивается для различных способов передачи информации по-разному. Количественной оценкой достоверности передачи речевых сообщений по сетям телефонной и радиосвязи является артикуляция (разборчивость). Разборчивость при телефонной связи определяют величиной затухания тракта между абонентами, уровнем шумов и рядом других показателей. При радиосвязи – отношением уровня полезного сигнала к уровню помех и т.д.

На практике применяют общий подход к оценке достоверности связи, заключающийся в принятии некоторого уровня связи за эталонный, при повышении которого реального улучшения качества приема не происходит. При уровне ниже эталонного качество связи резко уменьшается, что, в свою очередь, приводит к увеличению времени на передачу информации:

$$T_i = \frac{V_0}{c_0} \tau_y$$

где V_0 – исходный объем передаваемой информации; c_0 – скорость передачи информации, при которой соблюдается эталонная достоверность связи; τ_y – коэффициент, учитывающий увеличение времени на передачу информации.

Для оценки достоверности передачи речевой информации применяется *фразовая артикуляция*, так как именно фразы содержат в себе законченные мысли. Если фразовая артикуляция будет меньше $J_a = 0,9$, то абоненты не смогут установить взаимно понятного контакта, и разговор не состоится. Фразовая артикуляция $J_a = 0,9$ соответствует слоговой артикуляции $S_a = 0,25$, словесной $W_a = 0,75$, звуковой $D_a = 0,64$.

Для обеспечения заданной артикуляции при передаче речи к линиям связи предъявляются определенные требования на допустимое значение затухания (ослабление передаваемых электрических сигналов). В соответствии с этими требованиями возможно обеспечение связи между абонентами, удаленными друг от друга на расстояние до 20 км по проводу диаметром 0,5 мм.

Разборчивость речи при использовании громкоговорящей связи (в частности, на месте тушения пожара) считается:

- удовлетворительной, если фразовая разборчивость не ниже 89 %.
- Разборчивость будет достаточной, если передача информации повторяется несколько раз;
- хорошей, если фразовая разборчивость выше 93 %;
 - отличной, если фразовая разборчивость выше 97 %.

При передаче речевой информации по радиоканалам фразовая разборчивость характеризуется отношением сигнала к шуму на выходе приемника.

Автоматизированные системы управления и связь

Достоверность при передаче телеграфных сообщений и передаче данных определяется *коэффициентом ошибок* – средним значением отношения количества неправильно принятых знаков к общему количеству переданных.

Если при передаче текста имеется возможность устранить ошибки по смыслу, то при передаче цифровой информации (если отсутствуют специальные устройства) такой возможности нет.

Увеличение времени на передачу цифровой информации по телеграфным каналам

$$\tau_{\text{тлг}} = 1 + \frac{P}{1 - P},$$

где P – вероятность появления ошибки.

При передаче цифровой информации в сообщение может вноситься определенная избыточность, позволяющая на приемном конце выявить ошибки. Следовательно, объем передаваемых сообщений определяется как:

$$V_{\text{пер}} = V_0 + V_{\text{изб}} + V_{\text{повт}},$$

где V_0 – исходный объем сообщений; $V_{\text{изб}}$ – объем вносимой избыточности для определения ошибок на приемном конце; $V_{\text{повт}}$ – объем повторно передаваемой информации при обнаружении ошибки на приемном конце. Объем вносимой избыточности полностью определяется исходным объемом сообщений и способом кодирования.

ЛЕКЦИЯ №2

Тема №1 «Информационные основы электросвязи»

1.3. Сообщение, сигнал и канал связи

Электрическая связь предназначена для передачи на расстояние сообщений с помощью электрических сигналов. Превращение сообщения в сигнал состоит из трех операций, которые могут быть независимыми или совмещенными: преобразования, кодирования и модуляции.

Преобразование – это перевод неэлектрических величин, определяющих первоначальное сообщение, в электрический сигнал. Например, в телефонии переменное звуковое давление, соответствующее звукам речи, преобразуется с помощью микрофона в изменяющиеся электрические колебания. В телевидении при передаче изображения узкий оптический луч сканирует по поверхности передаваемого изображения. В результате отражения сканирующего луча от поверхности свет попадает на фотоэлемент, где преобразуется в соответствующие колебания электрического тока. Как видно из рассмотренных примеров, микрофон и фотоэлемент являются преобразователями соответствующих переменных величин (звукового давления и светового потока) в электрическую величину (ток или напряжение). Главным общим требованием к таким преобразователям является обеспечение пропорциональности между воздействием и откликом.

В телеграфии для передачи сообщения каждый его знак преобразуется в комбинацию токовых и бестоковых посылок или посылок тока разного направления. Такая комбинация называется *кодовой*.

Кодирование – это процесс замены передаваемого знака сообщения соответствующими кодовыми комбинациями. Правоммерно сказать, что кодирование определяет математическую сторону процесса превращения сообщения в сигнал.

Сообщение, состоящее из отдельных элементов (символов, букв, цифр), называют дискретным. Следует помнить, что передача дискретного сообщения может быть сведена к передаче последовательности чисел. Так, при передаче некоторого слова по буквам передаются не сами буквы, а некоторые символы, которые могут, например, рассматриваться как порядковые номера букв или вообще как некоторые условно приписанные им числа. К этому и сводится любая телеграфная азбука, т.е. телеграфный код.

Код представляет собой набор комбинаций, составленных из различных элементов. Под элементами кода понимаются различные элементарные сигналы, отличающиеся друг от друга. Например, в телеграфии передача сообщений осуществляется импульсами тока, которые в совокупности с паузами образуют *двоичный, или бинарный, код*. Числа в двоичной системе счисления записываются при помощи двух цифр – 0 и 1.

Автоматизированные системы управления и связь

Код Бодо, применяемый в телеграфии, состоит из пяти элементов и двух позиций. Все комбинации кода Бодо составлены из одинакового числа элементов и имеют одинаковую длительность. Благодаря этому каждый элемент занимает вполне определенное положение во времени, находясь на определенном месте внутри комбинации.

Комбинации кода Бодо составляются пятью элементами каждая, с помощью которых можно передать 32 различных символа ($2^5=32$). Ниже приведено несколько комбинаций кода Бодо, в которых используется двоичная система. Причем 1 означает посылку тока, а 0 – отсутствие тока, паузу.

Коды бывают несимметричные, в которых символы кодируются неодинаковым количеством элементов (азбука Морзе) и симметричные – с одинаковым количеством элементов (код Бодо). В вычислительных сетях каждый символ кодируется восьмью элементами (одним байтом).

Построение кода определяется числом элементов кода, а не физическими различиями между ними (например, силой тока импульсов). При построении кода учитывают возможности канала связи, кодирующих устройств и соответствующих им средств обратного преобразования - декодирующих устройств.

По способу построения коды делятся на систематические и несистематические. Особенность построения *систематических* кодов заключается в том, что в них четко разделены часть кода, несущая основную информацию, и часть кода, служащая для обнаружения и исправления ошибок, которая представляет собой контрольную информацию. Систематические коды могут быть построены по детерминированным алгоритмам, в соответствии с которыми можно найти достаточно простые способы выявления этих кодов с обнаружением или исправлением ошибок.

Несистематические коды указанным свойством не обладают и строятся с использованием различных методов комбинирования его элементов.

Коды бывают не избыточные и избыточные. У *не избыточных кодов* все возможные кодовые комбинации M используются для передачи смысловой информации. При основании системы счисления K код может быть построен как отображение множества десятичных чисел от нуля до $M-1$ с числом разрядов n в каждой кодовой комбинации. Например, для $M = 4$ двоичный не избыточный код может быть получен как представление чисел 0, 1, 2, 3 двухэлементным двоичным кодом: 00, 01, 10, 11 соответственно. Переход от числа в системе счисления с основанием K к десятичному числу осуществляется по формуле

$$N = \sum_{i=0}^{n-1} \alpha_i K^i,$$

где n – число элементов в коде или длина кода; K – основание системы счисления кода; α_i – значение символа в i -м разряде, причем младшим является разряд, расположенный справа. Следует отметить, что символы кода в линии связи передаются в обратном порядке, т.е. сначала старший разряд и далее остальные.

В общем случае m -элементным не избыточным кодом в системе счисления с основанием K можно представить $M = K^m$ сообщений. Например, при

Автоматизированные системы управления и связь

использовании кода Бодо можно закодировать $2^5=32$ символа (сообщения), а в компьютерной технике $2^8=256$ символов.

Переход от не избыточного кода к избыточному при использовании систематических кодов осуществляется добавлением некоторых контрольных позиций, которые можно получить либо с помощью различных логических операций, выполняемых над основными информационными позициями, либо использованием детерминированных алгоритмов, связывающих не избыточный и избыточный коды. Например, если нужно перейти от не избыточного кода к простейшему избыточному, то для двоичного кода, рассчитанного на четыре сообщения, отображением которых являются кодовые комбинации 00, 01, 10, 11, достаточно ввести одну контрольную позицию, значение символа на которой будет определяться как сумма значений предшествующих символов по модулю два. Эта логическая операция в двоичной системе определяется равенствами: 00=0, 11=0, 01=1, 10=1. Для рассматриваемых сообщений получаем 000, 011, 101, 110. Особенность такого кода заключается в том, что он позволяет обнаруживать любую одиночную ошибку.

Таким образом, отличие не избыточных кодов от избыточных состоит в том, что из-за отсутствия избыточности они не способны обнаруживать ошибку и поэтому не могут быть использованы для передачи информации по каналам с помехами. Введение избыточности в код обеспечивает повышение помехоустойчивости при передаче информации по реальным каналам связи, а также позволяет обнаруживать и корректировать (исправлять) ошибки. В электросвязи переносчиком информации является энергия сигнала. Изменение определенного параметра сигнала в соответствии с передаваемым сообщением при передаче информации называется *модуляцией*. Используемые виды модуляции зависят от типа переносчика сигнала и подвергаемых изменению (модулируемых) его параметров.

В телефонной линии связи постоянно присутствует электрический сигнал – несущая, напряжением 60 В для России и 30 В за рубежом. Процесс модуляции состоит в том, что изменения низкочастотного-НЧ сигнала, преобразованного в электрический сигнал первоначального сообщения, вызывают изменения параметров несущего сигнала. Электрический сигнал распространяется в виде синусоидальных колебаний несущей частоты передатчика. Параметрами такого сигнала являются амплитуда, частота и фаза. Изменяя каждый из перечисленных параметров, получают амплитудную (АМ), частотную (ЧМ) и фазовую (ФМ) модуляции. Таким образом, модуляция – это воздействие на некоторый параметр (изменение параметра) переносчика сигнала в соответствии с законом изменения первоначального передаваемого сообщения. На рис. 1. показаны сообщения и существующие формы сигналов для амплитудной, частотной и фазовой модуляций.

Для передачи на значительные расстояния речевых сигналов, лежащих в низкочастотном (тональном) спектре частот (300-3400 Гц), применяют те или иные виды модуляции.

Автоматизированные системы управления и связь

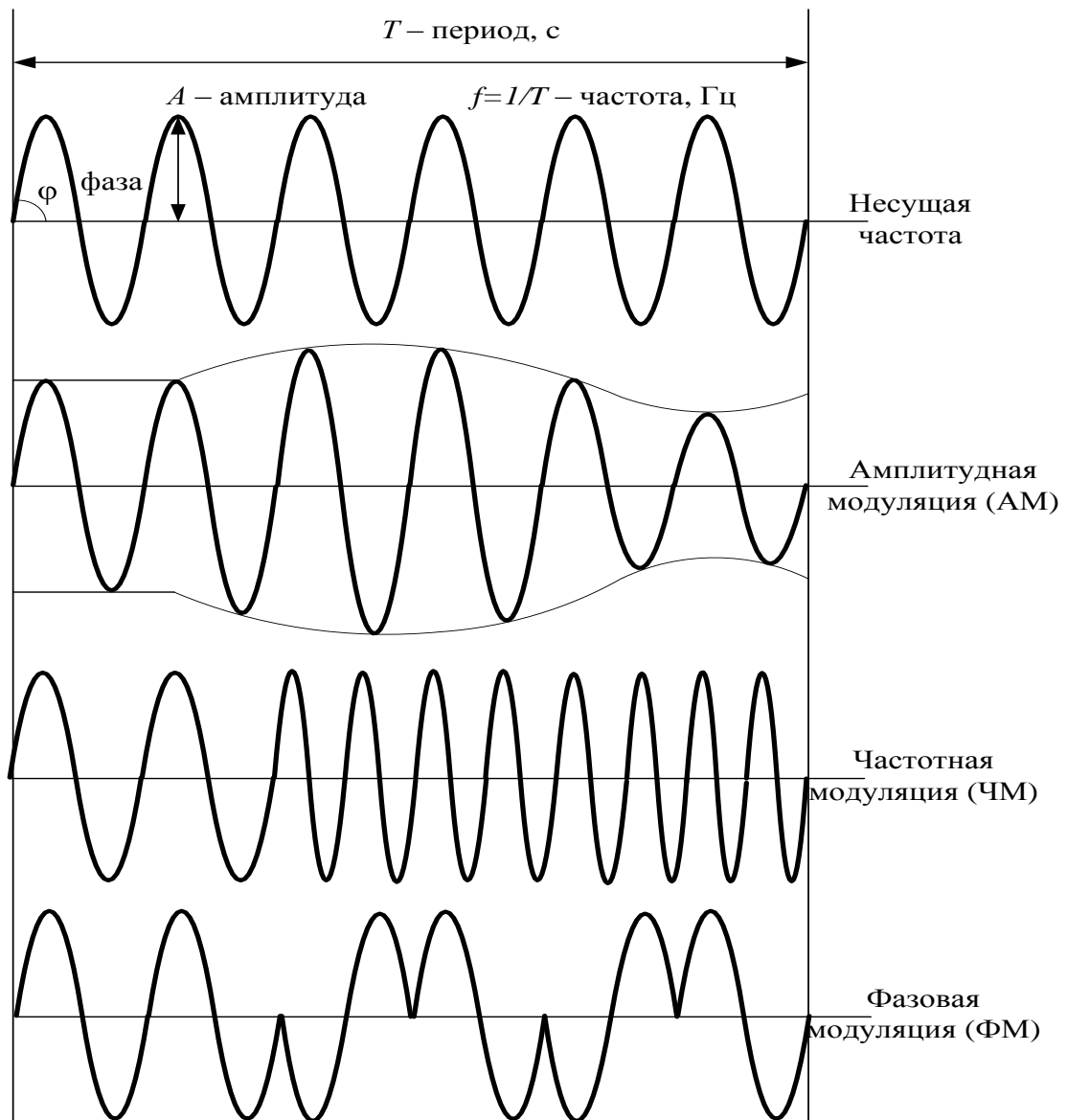


Рис. 1. Виды модуляции

Изменение длительности, ширины и уровня сигнала можно изобразить в виде отрезков определенной длины, отложенных параллельно трем координатным осям: времени, частоты и уровня. Таким образом, сигнал может быть геометрически представлен как некоторый объем в трехмерном пространстве, определяемый параллелепипедом с ребрами T_c , F_c , H_c (рис. 2), где T_c , F_c и H_c – время передачи сигнала, ширина занимаемой полосы частот (полоса пропускания) и уровень сигнала соответственно. Произведение трех параметров сигнала называют его объемом $V_c = T_c F_c H_c$.

Ввиду того, что для передачи сигнала требуется канал связи, последний должен характеризоваться аналогичными параметрами. Тогда необходимым условием передачи сигнала объемом V_c по каналу связи емкостью V_k является условие $V_k \geq V_c$. При этом если отдельные параметры объема сигнала превышают соответствующие параметры емкости канала (например, $F_c > F_k$), то сигнал будет передан с искажением.

Автоматизированные системы управления и связь

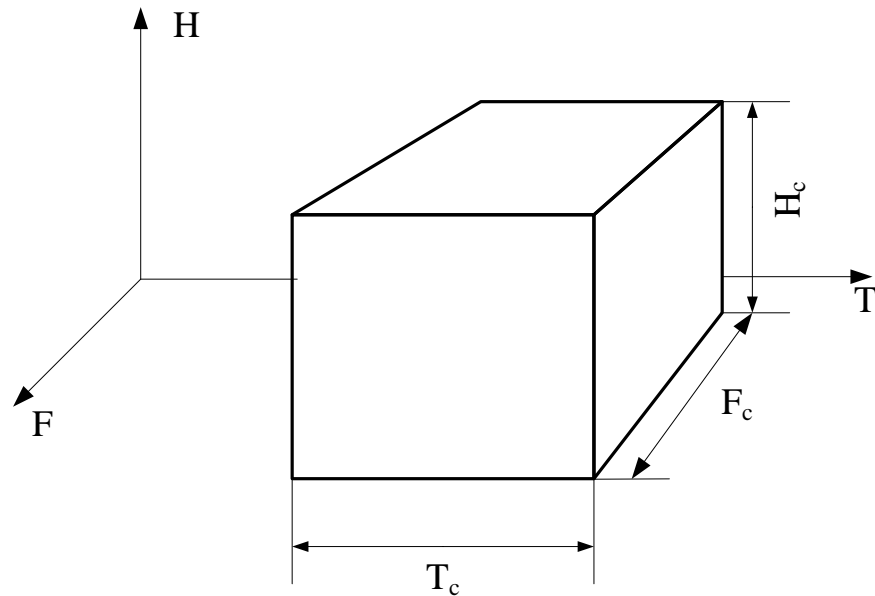


Рис. 2. Геометрическое представление сигнала

Известно, что стоимость сооружений связи протяженностью в несколько десятков и сотен километров достаточно велика. Поэтому естественным является стремление к увеличению пропускной способности системы связи. В последние годы для этой цели используются системы передачи, обеспечивающие одновременную передачу по линии нескольких сообщений. При этом каждое сообщение передается по своему каналу связи. Сигналы сообщений всех каналов смешиваются на передающем пункте и поступают в линию. На приемном пункте сигналы снова разделяются и преобразуются в независимые сообщения. Такая связь называется *многоканальной*.

Систему многоканальной связи можно представить следующей структурной схемой (рис. 3). Различные сообщения от одного или нескольких отправителей-1 преобразуются специальными устройствами (преобразователями-2) в электрические сигналы, которым придаются соответствующие признаки кодовым устройством, а затем с помощью передатчиков-2 в линию связи-4.

Выделение нужного сигнала на приемном пункте из смеси сигналов, поступающих с линии, осуществляется с помощью операции разделения (селекции). На схеме (рис. 1.4) показано подключение к выходу линии связи разделителей (селекторов-5), за которыми включены приемники-6. Селекторы выполнены таким образом, что реагируют только на соответствующие признаки используемых сигналов и не реагируют на признаки других сообщений. В результате создаются отдельные каналы связи, использующие общую линию связи.

Автоматизированные системы управления и связь

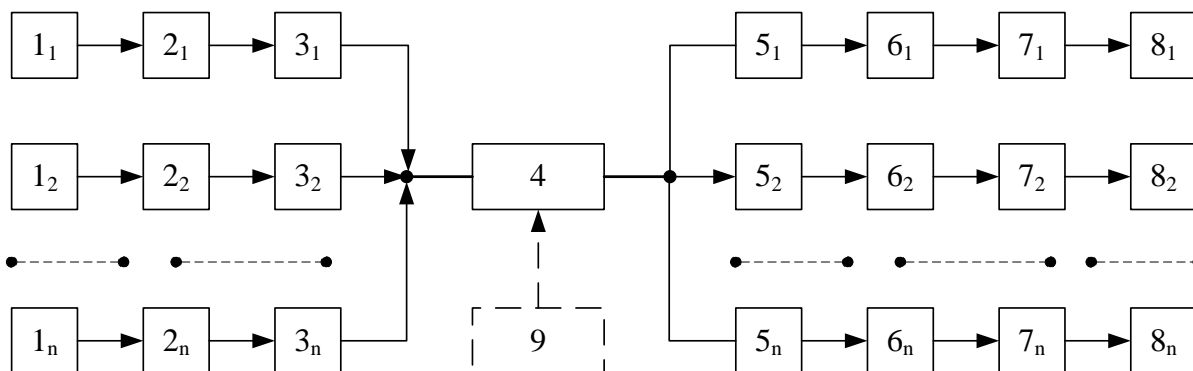


Рис. 3. Схема системы многоканальной связи:

1_1-1_n – отправители; 2_1-2_n – преобразователи; 3_1-3_n – передатчики; 4 – линия связи; 5_1-5_n – селекторы (разделители); 6_1-6_n – приемники; 7_1-7_n – преобразователи; 8_1-8_n – получатели; 9 – помехи

Для передачи информации на расстояние применяют временной, частотный, фазовый, цифровой и комбинированный методы разделения каналов. В системах связи в основном применяют временной, частотный, кодовый и комбинированный методы.

Сущность наиболее часто применяемого в системах связи метода частотного разделения каналов заключается в том, что сигналы передаются различной частоты. А на приемном пункте в качестве селекторов применяются настроенные на эти частоты фильтры, пропускающие сигналы только определенной частоты.

В системах с временным разделением каналов для каждого источника сигналов периодически отводится отдельный отрезок времени длительностью T . Физическое выделение временных участков (интервалов) производится с помощью коммутаторов (переключателей). Перед передачей информации посылают синхронизирующий сигнал, относительно которого ведется разделение работы каналов во времени.

1.4. Количество сведений и пропускная способность системы связи

Предположим, что осуществляется передача словесного текста, с помощью которого намечается сообщить некоторые сведения о какой-либо ситуации. Допустим, что для этой цели имеется всего два слова: “хорошо” и “плохо”. Ясно, что оценка ситуации при этих условиях будет весьма общей и неточной, т.е. сведений о ситуации будет получено недостаточно. При наличии большого числа слов, позволяющих передать детали сообщаемой ситуации, те же самые слова “хорошо” и “плохо”, входящие в состав данного набора слов, будут уже гораздо точнее выражать смысл сообщения.

Оценивая различные слова как возможные элементы сообщения, видно, что количество информации, содержащейся в словесном тексте, зависит не только от числа слов, составляющих этот текст, но и от количества букв в алфавите, из которого набираются слова для данного текста. Количество информации,

Автоматизированные системы управления и связь

определяемое по Р.Хартли, есть логарифм полного числа элементов любого конечного множества

$$I = R \ln N,$$

где R – коэффициент пропорциональности (при $R = 1$ используются натуральные единицы измерения, наты; при $R = 1/\ln 2$ – двоичные единицы, деды или биты; при $R = 1/\ln 10$ – десятичные, диты).

Сообщение состоит, как правило, из многих элементов. Обозначим число символов (число букв в алфавите) через m , а количество элементов в сообщении (используемых букв в словах) через n . Для формирования сообщения из n элементов число различных комбинаций этих элементов $N = m^n$, что и определяет число возможных сообщений длиной n , составленных из m элементов. В технике связи это количество комбинаций называют кодовым замком. Для подсчета необходимого количества символов для передачи сообщения и определения комбинаторного количества информации можно использовать эти формулы.

Например, для простейшей ситуации, когда сообщение представляет собой один символ, обусловленный выбором одного из двух возможных “Да” или “Нет”, т.е. когда $n = 1$ и $m = 2$, можно записать

$$I = \log_2 N = \log_2 m^n = \log_2 2 \quad (\text{бит}).$$

Обычно принято выражать количество информации двоичным логарифмом числа N . Тогда количество информации в сообщении можно представить выражением

$$I = \log_2 N = \log_2 m^n = n \log_2 m \quad (\text{бит}).$$

Следовательно, каждая посылка двоичного кода несет одну единицу количества информации.

Для случая, когда сигнал представляет собой последовательность модулированных по высоте импульсов со скважностью, равной единице, а число ступеней шкалы уровней сигнала равно m и все импульсы равновероятны, количество информации

$$I = \log_2 N = n \log_2 m,$$

где n – число элементов в сообщении.

Стандартные телефонные каналы относятся к среднескоростным каналам и ориентированы на передачу аналоговых сигналов с относительно узким частотным спектром (от 100 Гц до 10 кГц). Следует отметить, что частотные характеристики канала передачи оказывают существенное влияние на максимально допустимую скорость передачи информации (V_{\max}). Еще в 1924 г. Гарри Найквист объяснил существование этого основного ограничения и вывел уравнение, выражающее максимальную скорость передачи данных в конечном аналоговом канале (без шумов). Если сигнал состоит из K дискретных уровней, то теорема Найквиста гласит:

$$V_{\max} = 2 H \log_2 K.$$

Если присутствуют случайные шумы, то ситуация существенно ухудшается. В 1948 г. Клод Шеннон развил работу Найквиста на случай каналов, подверженных

Автоматизированные системы управления и связь

случайным шумам. Главный вывод Шеннона: максимальная скорость передачи информации в каналах с шумами с шириной полосы частот H , Гц, и отношением сигнал/шум – (S/N) :

$$C=V_{\max} = H \log_2(1+S/N) \text{ (бит/с)}.$$

Такая предельная (максимальная) скорость передачи информации в канале связи называется его пропускной способностью. Реальная скорость передачи при этом будет гораздо ниже пропускной способности канала связи. Например, канал с $H = 3000$ Гц и $S/N = 30$ дБ (обычные параметры телефонной сети) никогда не сможет передавать сигналы со скоростью более 30 000 бит/с независимо от количества уровней сигнала и частоты измерений. Шеннон получил результаты, используя положения теории информации, и они представляют собой только верхнюю границу. На практике же сложно даже приблизиться к этому пределу. Скорость передачи по телефонной линии 9 600 бит/с считается достаточной и достигается посылкой 4-битных групп со скоростью 2400 бод. Поэтому для высокоскоростной передачи информации используются широкополосные радио- и телевизионные каналы, а также специальные каналы для передачи дискретной (цифровой) информации, в частности оптоволоконные.

ЛЕКЦИЯ №3

Тема №2 «Основы проводной связи»

2.1. Телефонная связь и ее составные элементы

Телефонная связь – наиболее массовая система проводной связи, обеспечивающая обмен речевой информацией в оперативно-управленческой деятельности пожарной охраны. Основная задача телефонии заключается в передаче звука на некоторое расстояние. Телефонная сеть общего пользования, создававшаяся в течение последнего столетия, в основном предназначалась для передачи речи. Однако сегодня через эту сеть можно передавать речь, цифровые данные, изображения, видео и другие виды информации.

Телефонная связь возможна только при наличии телефонных сетей. Телефонная сеть представляет собой комплекс технических сооружений и оборудования, состоящий из телефонных узлов связи, телефонных станций, линий проводной связи и абонентных установок.

Процесс телефонной передачи сообщения заключается в преобразовании звуковых колебаний речи в колебания (изменения) электрического тока, передачи его по проводным линиям и обратном преобразовании электрических колебаний в звуковые.

Телефонная связь обеспечивает передачу речи на расстоянии с помощью электрического тока, являющегося переносчиком речи по проводам от абонента к абоненту.

Составными элементами телефонной связи являются, как правило, микрофон – преобразователь акустических колебаний говорящего человека в электрические сигналы (М), телефонный аппарат (ТА₁), обеспечивающий своей электрической схемой согласование электрических сигналов микрофона с линией связи (ЛС), линия связи (ЛС), по которой передаются электрические сигналы от телефонного аппарата (ТА₁) к аппарату (ТА₂), телефонный аппарат (ТА₂) второго абонента, электрическая схема которого согласует электрические сигналы с телефоном (Т) и телефон, преобразующий электрические сигналы в звуковые колебания.

Звуковые колебания телефона полностью отображают (восстанавливают) звуковые колебания, поступающие в микрофон.

Схема телефонной связи

Микрофон – преобразователь акустических колебаний в электрические сигналы.

Автоматизированные системы управления и связь

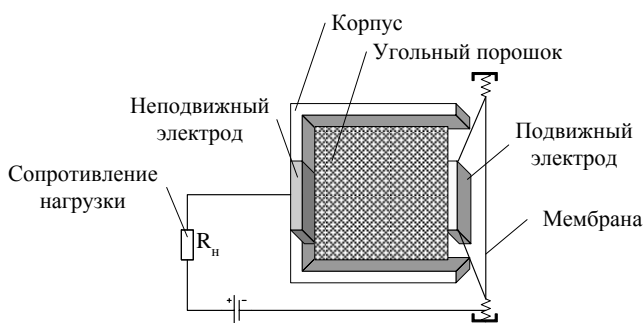


Схема угольного микрофона

(Принцип действия угольного микрофона)

Во время разговора мембрана микрофона колеблется под действием звуковых волн. Эти колебания оказывают переменное давление на угольный порошок, вызывая изменения контактного электрического сопротивления его зерен. Электрическое сопротивление угольного микрофона уменьшается при сжатии зерен и увеличивается при их разрыхлении. В результате изменяется величина электрического тока в цепи.

(звук – колебание мембраны – давление на порошок – изменение сопротивления – изменение тока).

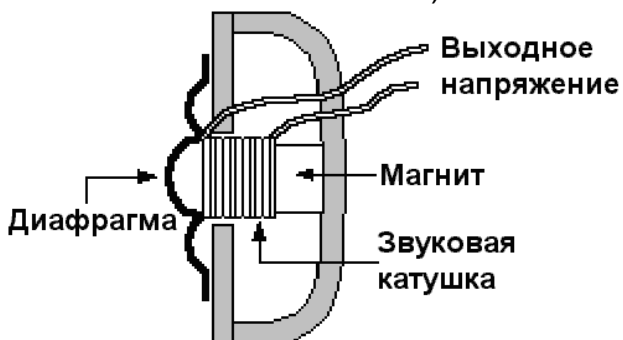


Схема динамического (электромагнитного) микрофона

(Принцип действия динамического микрофона)

Движение катушки в поле постоянного магнита порождает на концах обмотки электричество, по напряжению пропорциональное амплитуде звуковой волны.

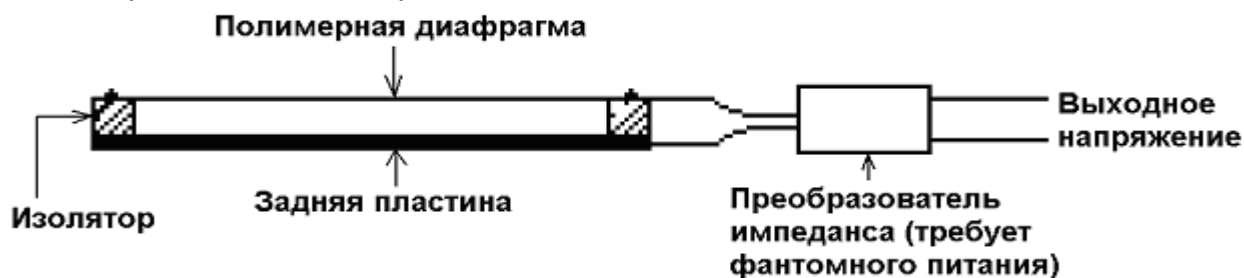
Микрофоны (пьезо, конденсаторные)

Действие пьезоэлектрических преобразователей (микрофонов) основано на пьезоэлектрическом эффекте - появлении электрических зарядов на гранях некоторых кристаллов, в частности, кварца, сегнетовой соли и др. при действии на них в определенном направлении сжимающей или растягивающей силы. Проще говоря, колебания мембраны передаются через механический "усилитель", служащий одновременно крепёжной арматурой, пластинке из пьезоэлектрика, а та "испускает" пропорциональное количество электричества.

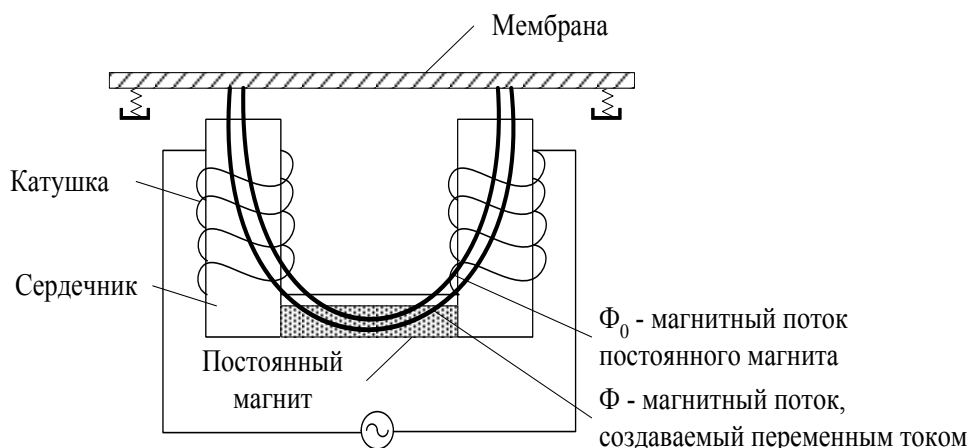
Автоматизированные системы управления и связь



Название конденсаторных микрофонов говорит само за себя. Электрический конденсатор - это система из двух проводников, разделённых изоляцией и обладающих свойством накапливать электрический заряд при подаче на них напряжения. В случае с микрофоном одним проводником является подвижная диафрагма из полимера, покрытого металлом, вторым - неподвижная пластина. Через диафрагма движется, изменяется ёмкостное сопротивление системы, преобразующееся в изменение напряжения на выходе преобразователя (упрощённо). Т. о., конденсаторный микрофон сам не вырабатывает электричества, а "всего лишь" изменяет исходное напряжение пропорционально силе давления звуковой волны на диафрагму - это следует учитывать. Электретный микрофон является частным случаем конденсаторного, но более миниатюрным и менее энергоёмким.



Телефон - преобразователь электрических сигналов в звуковые колебания.



**Схема динамического (электромагнитного) телефона
(Принцип действия электромагнитного телефона)**

Автоматизированные системы управления и связь

Переменный электрический ток создаёт вокруг катушки телефона переменный магнитный поток, который, складываясь с магнитным потоком постоянного магнита, вызывает переменную силу притяжения мембраны телефона. Мембрана, колеблясь, создает в воздухе соответствующую волну изменяющегося давления, которые ухо и мозг человека интерпретируют как звук.

Простейшая схема телефонной передачи речи

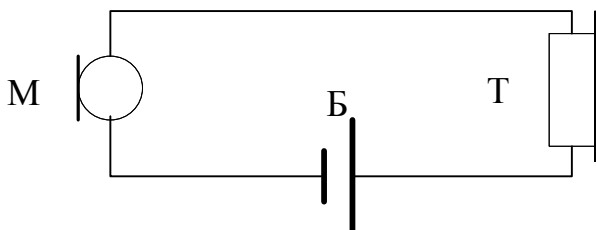


Схема телефонной передачи речи

Во время разговора мембрана микрофона колеблется под действием звуковых волн. В результате работы микрофона изменяется величина электрического тока в цепи, соединяющей микрофон, источник питания и телефон. Переменный электрический ток создает вокруг катушки телефона переменный магнитный поток, который, складываясь с магнитным потоком постоянного магнита, вызывает переменную силу притяжения, воздействующую на мембрану телефона. Мембрана, колеблясь, воспроизводит звуки, приносимые перед микрофоном в месте передачи.

2.1.1. Схемы телефонной связи с местным и центральным питанием

Чтобы передача была двусторонней (дуплексной), в месте передачи и приема в электрическую цепь включают последовательно микрофон и телефон.

Для осуществления телефонной связи необходимо обеспечить питание микрофонов телефонных аппаратов. В настоящее время телефонная передача сообщений осуществляется по схеме соединения телефонных аппаратов с местной батареей (МБ) (в основном полевые) и центральной батареей (ЦБ) (телефонная сеть).

Автоматизированные системы управления и связь

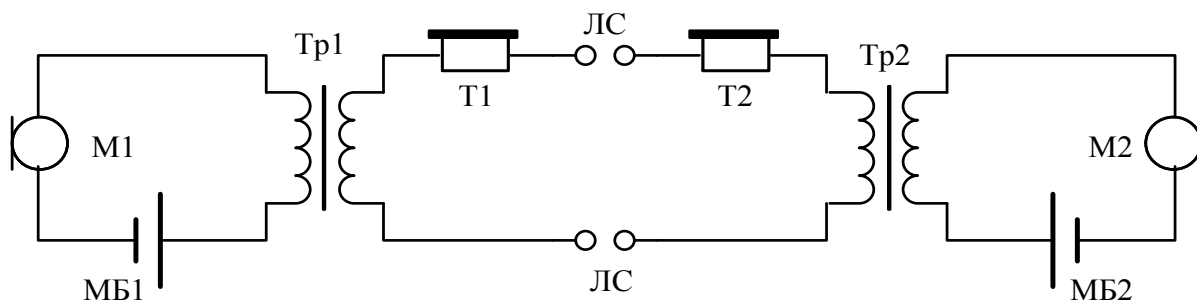


Схема телефонной связи с местным питанием

В схеме, показанной на рисунке, у каждого микрофона имеется своя батарея питания. Такая система связи называется системой с местной батареей. Величина тока питания в системе связи с местной батареей не зависит от сопротивления линии связи и может быть получена при небольшом напряжении батареи 1,5–3В. (Система телефонной связи с МБ с применением трансформатора позволяет согласовать сопротивления микрофона, как генератора, с входным сопротивлением линии связи ЛС для того, чтобы обеспечить отдачу микрофоном возможно большей мощности). Однако система телефонной связи с МБ имеет недостатки, вызванные наличием большого количества индивидуальных батарей, что усложняет эксплуатацию и увеличивает число повреждений. В связи с этим указанная система в пожарной охране может применяться при тушении пожаров в полевых условиях, т.е. в случае временной организации связи.

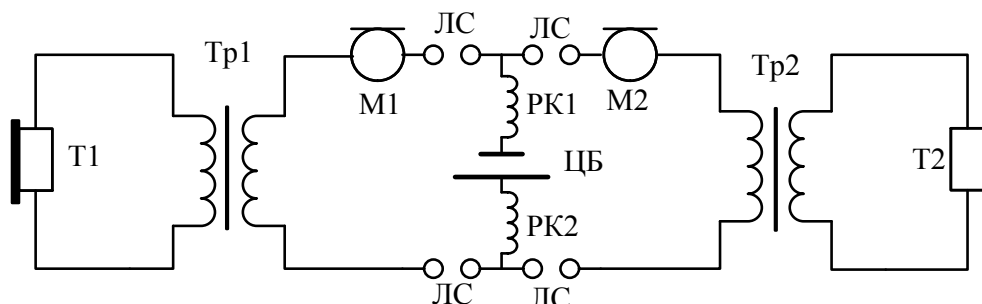


Схема телефонной связи с центральным питанием

При постоянной эксплуатации телефонной сети система питания с МБ заменяется системой с центральной батареей. В этом случае микрофоны абонентских аппаратов питаются от одной общей аккумуляторной батареи, устанавливаемой на телефонной станции. Питание микрофонов осуществляется через реактивные катушки РК, имеющие большую индуктивность и, следовательно, значительно большее сопротивление переменному току звуковой частоты и меньшее сопротивление постоянному току питания микрофонов. При этом способе питание к микрофонам поступает только во время проведения переговоров.

ЛЕКЦИЯ №4

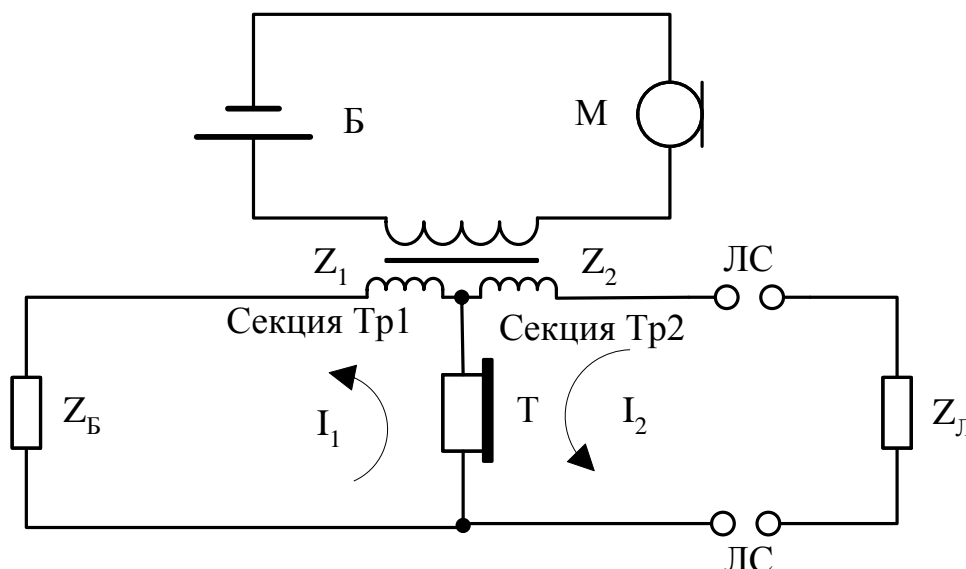
Тема №2 «Основы проводной связи»

2.2. Явление местного эффекта

Эти схемы обладают существенным недостатком: в них возникает явление местного эффекта, обусловленное тем, что в телефоне очень громко воспроизводятся звуки собственной речи, затрудняющие понимание тихой речи абонента.

(Местный эффект – прослушивание в телефоне собственного голоса, затрудняющего понимание тихой речи абонента).

Поэтому во всех современных телефонных аппаратах функциональные элементы соединяют так, чтобы устранялось явление местного эффекта. Изобразим схему телефонного аппарата, не имеющего указанного недостатка.



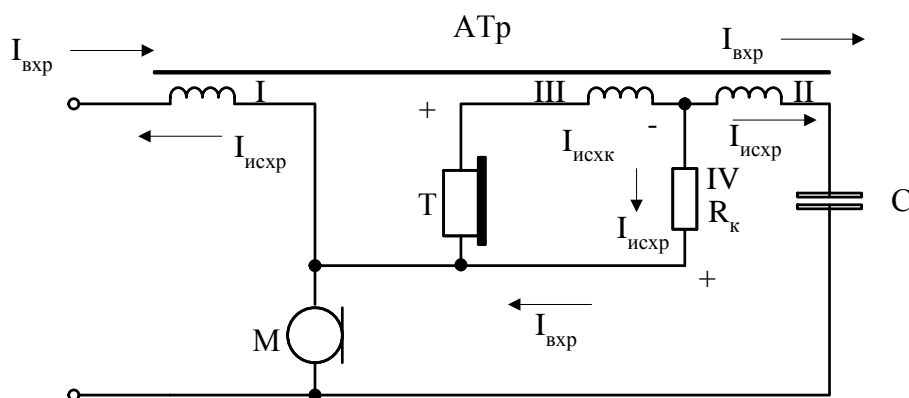
Противоместная схема мостового типа

В схеме Z_1 и Z_2 – сопротивлений секций I и II вторичной обмотки трансформатора T_p ; Z_l – входное сопротивление линии; $Z_б$ – балансное сопротивление.

Сущность работы противоместной схемы с использованием уравновешенного моста заключается в том, что токи компенсируют друг друга. Результирующий переменный ток, протекающий через телефон T , будет равен нулю, если потенциалы диагоналей моста одинаковы. Это условие выполняется, если $Z_1 Z_l = Z_2 Z_б$.

Однако, практически выполнить данное условие трудно, так как сопротивление различных абонентских линий R_l неодинаковы (*увеличение линий связи и абонентов*) и достичь полного отсутствия местного эффекта не удастся. Поэтому наибольшее распространение получила так называемая противоместная схема компенсационного типа

Автоматизированные системы управления и связь



Противоместная схема компенсационного типа

Указанная схема состоит из трёх обмоток (I, II, и III) автотрансформатора и бифилярной обмотки IV автотрансформатора АТр, которая выполняет роль компенсатора. Особенностью бифилярной обмотки IV является отсутствие индуктивного сопротивления, т.е. такая обмотка обладает только активным сопротивлением R_k . Обмотка III имеет направление витков, противоположное обмоткам I и II.

При передаче речи исходящий разговорный ток, генерируемый микрофоном М, проходит по двум цепям – местной и линейной.

По линейной цепи исходящий разговорный ток проходит через обмотку I автотрансформатора АТр в проводную линию связи.

По местной цепи исходящий разговорный ток ответвляется через телефон Т и обмотку III автотрансформатора и параллельно через компенсационный резистор R_k обмотки IV. Так как компенсационное сопротивление является чисто активным, а сопротивление обмоток телефона Т и обмотки III автотрансформатора индуктивными, то большая часть разговорного (переменного) тока пройдет через резистор R_k , создавая на нём падение напряжения. А разговорный ток от микрофона М, проходя по обмоткам I и II автотрансформатора, создаёт в его сердечнике переменный магнитный поток, который определяется разностью магнитных потоков этих обмоток, так как токи в них имеют противоположное направление. В результате этого в обмотке III будет индуцироваться переменная электродвижущая сила (ЭДС), величина которой зависит от параметров линии связи балансного контура и других элементов схемы. В этом случае падение напряжения на резисторе R_k будет равно по величине и противоположно по фазе ЭДС, индуцированной в обмотке III, а значит, токи в обмотке III и резисторе R_k компенсируют друг друга и результирующий разговорный ток, проходящий через телефон, будет равен нулю.

Таким образом, падение напряжения на резисторе R_k от исходящего разговорного тока компенсирует ЭДС обмотки III, которая создаётся от переменного магнитного потока, наводимого в обмотке I и II автотрансформатора тем же исходящим разговорным током. Полярность этих напряжений показана на рис.2.9. Из схемы видно, что телефон включён в цепь, в которой отсутствует разговорный переменный ток, а следовательно, происходит подавление местного эффекта.

Автоматизированные системы управления и связь

Во время приёма входящего разговорного тока, который проходит по обмоткам I и II в одном направлении, создаётся суммарный магнитный поток в обмотке III, который наводит в ней ЭДС максимальной величины, в результате чего принимаемый разговор воспроизводится телефоном без помех местного эффекта.

2.2. Линии связи и их характеристики

Проводная линия связи является одним из основных и самых дорогих элементов системы проводной связи.

Телефонные линии связи бывают воздушными и кабельными.

Кабельные линии связи имеют ряд преимуществ перед воздушными линиями:

- меньшая подверженность воздействиям метеорологических условий и к механическим повреждениям;
- возможность организации значительно большего числа каналов связи;
- большая защищённость от влияния различного рода помех.

Поэтому, несмотря на более высокую стоимость, кабельные линии получили широкое распространение.

Кабель представляет собой совокупность нескольких проводников (жил), изолированных друг от друга и заключённых в общую оболочку. Проводники кабелей выполняются из мягкой меди, и каждая пара проводников имеет отличную от других цветовую окраску.

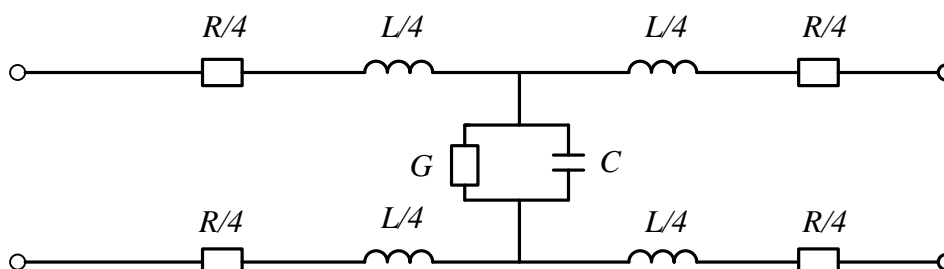
Маркировка кабелей состоит из букв и цифр. Буквы обозначают область применения и наличие (или отсутствие) броневой защиты. Цифры обозначают количество проводников и их диаметр.

Например, ТБ-20х2х0,6 – телефонный бронированный двадцатипарный кабель с диаметром жил 0,6 мм.

Проводные кабельные линии связи относятся к электрическим цепям с параметрами, которые делятся на первичные и вторичные.

К первичным параметрам линий связи относятся: активное сопротивление, индуктивность, ёмкость, проводимость изоляции.

Для сравнения характеристики различных марок кабелей все параметры принято оценивать на единицу длины 1 км.



Автоматизированные системы управления и связь

На рисунке показана эквивалентная схема 1 км однородной, двухпроводной линии, в которой величины R , L , C и G 1 км являются ее первичными параметрами.

Активное сопротивление R , Ом, двухпроводной линии постоянному току определяется известной формулой

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{4l}{\pi d^2},$$

где ρ – удельное сопротивление Ом мм²/м для меди $\rho = 0,01785$ Ом мм²/м (при $t = 20^\circ\text{C}$); l – длина линии, м; d – диаметр провода, мм; S – сечение провода, мм².

Индуктивность кабельной линии связи L , Гн/км, определяется собственной индуктивностью проводников данной линии связи и влиянием внешних магнитных полей от других проводников кабеля, рассчитывается по формуле:

$$L = K_L \left[4 \cdot l \cdot n \cdot \frac{2a - d}{d} + Q(x) \right] \cdot 10^{-4},$$

где K_L – коэффициент, учитывающий увеличение индуктивности за счет спиралеобразной укладки проводников в кабеле связи; a – расстояние между центрами проводов в кабеле, мм; d – диаметр провода, мм; l – длина провода, м; n – количество витков жил провода в кабеле; $Q(x)$ – коэффициент, учитывающий изменение индуктивности за счёт влияния поверхностного эффекта, увеличивающего сопротивление переменного тока.

Электрическая ёмкость C , Ф/км, кабельной линии связи определяется по формуле:

$$C = \frac{k_c \cdot \varepsilon \cdot 10^{-6}}{36 \cdot \ln \frac{\alpha \cdot d_{\text{гр}}}{d_1}},$$

где k_c – коэффициент, учитывающий изменение ёмкости за счёт спиральной укладки проводов в кабеле; ε – относительная диэлектрическая проницаемость изоляции жил кабеля (табличная величина); $d_{\text{гр}}$ – диаметр группы проводов кабеля, мм; d_1 – диаметр провода в изоляции, мм; α – поправочный коэффициент, учитывающий изменение ёмкости при различных способах укладки проводов в кабеле.

Проводимость изоляции G кабельной линии связи складывается из проводимостей для постоянного и переменного токов. Проводимость изоляции для постоянного тока очень мала и в расчётах её можно не учитывать. Проводимость для переменного тока G , см/км, определяется по формуле:

$$G = \omega \cdot C \cdot \text{tg} \delta,$$

Автоматизированные системы управления и связь

где ω - угловая частота, рад/с; C – электрическая ёмкость кабельной линии связи, Ф/км; $\text{tg}\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь изоляции для данной частоты тока.

К вторичным параметрам проводных линий связи относятся волновое сопротивление $Z_{\text{в}}$ и коэффициент распространения.

Электромагнитная волна, распространяющаяся вдоль однородной двухпроводной линии, встречает сопротивление, называемое волновым. Оно определяется

$$Z_{\text{в}} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}, \text{ Ом}$$

Для того, чтобы передать переменный сигнал по двухпроводной линии с минимальной потерей его мощности необходимо обеспечить равенство входного сопротивления электроприемника с волновым сопротивлением линии. Только в этом случае не будет потерь мощности сигнала за счет отражений энергии от несогласованного по сопротивлению электроприемника.

При распространении электрической энергии по кабельной линии связи ее величина постоянно уменьшается, что обусловлено невосполнимыми потерями мощности сигнала в проводниках и диэлектрике линии.

$$P = P_0 e^{-\gamma l},$$

где P – мощность сигнала в определяемой точке, Вт; P_0 – мощность сигнала в начале линии, Вт; γ – коэффициент распространения; l – длина линии связи, км.

ЛЕКЦИЯ №5

Тема №2 «Основы проводной связи»

2.3. Принципы построения автоматической телефонной станции

Телефонная связь может осуществляться ручным, полуавтоматическим и автоматическим способом. Для осуществления телефонной связи ручным способом используются Ручные ТС, которые оборудуются телефонными коммутаторами, состоящими из так называемых линейных комплектов, приборов шнуровых пар и приборов рабочего места телефонистки. Обычно на телефонном коммутаторе имеется 100-140 линейных комплектов и шнуровых пар. Коммутацию каналов производит оператор-телефонист.

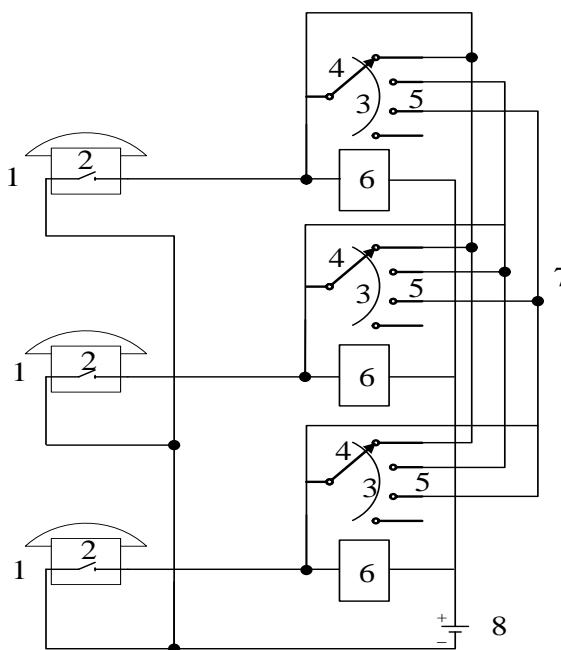
Для осуществления полуавтоматической и автоматической телефонной связи используются Автоматические ТС, которые в зависимости от вида применяемых коммутационных устройств бывают:

- **декадно-шаговые** (построенные на электромеханических искателях, соответственно с машинным и электромагнитным приводами);
- **координатные** (коммутационными устройствами служат многократные координатные соединители);
- **квазиэлектронные** (коммутация осуществляется быстродействующими электромагнитными коммутационными устройствами);
- **электронные** (коммутация осуществляется на основе полупроводниковых приборов).

В отличие от станций ручного действия, где все необходимые соединения абонентов выполняет специальный обслуживающий персонал, на автоматических телефонных станциях сам абонент управляет приборами, осуществляющими поиск и соединение нужных ему линий связи.

Некоторое представление об автоматическом соединении при осуществлении телефонной связи дает упрощенная схема автоматической телефонной станции на три номера.

Автоматизированные системы управления и связь



1 – телефонный аппарат; 2 – номеронабиратель; 3 – храповое колесо; 4 – подвижная щетка (токосниматель); 5 – ламель; 6 – электромагнит; 7 – многократное поле; 8 – источник питания.

Схема АТС на три номера

У каждого абонента устанавливается телефонный аппарат 1, в котором имеется ключ – номеронабиратель 2 и микрофонная трубка. Телефонный аппарат подсоединяется к двухпроводной линии, в которую последовательно включены источник питания 8 и релейный искатель на три номера, установленные в здании АТС. Для полного использования линейной сети в здании АТС все линии группируются на специальном устройстве, называемом кроссом. Релейный искатель состоит из электромагнита 6, храпового колеса 3, ламели 5, подвижных щёток 4. Ламели всех искателей, имеющие одинаковые номера, соединяются параллельно, образуя многократное поле 7.

В процессе соединения линии связи абонент, снимая микрофонную трубку, приводит в действие рычажный переключатель телефонного аппарата и подсоединяет ключ – номеронабиратель к линейным проводам АТС, образуя электрическую цепь: «плюс» источника питания 8, электромагнит 6 релейного искателя, верхний линейный провод аппарата абонента 1, ключ – номеронабиратель 2, нижний линейный провод, «минус» источника питания 8. Набранный соответствующий номер, например «2», абонент дважды замыкает контакт номеронабирателя 2 телефонного аппарата 1. При первом замыкании якорь электромагнита 6 релейного искателя притягивается и происходит переход подвижных щёток 4 на соседние ламели 5.

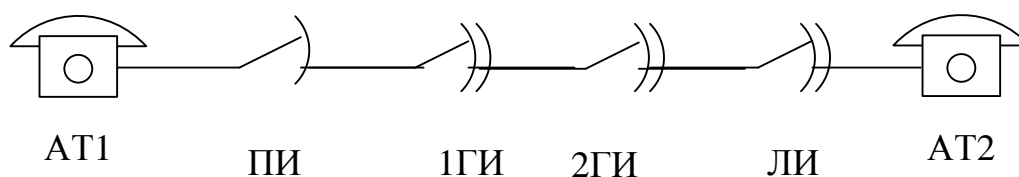
Вторичное замыкание цепи вызывает переход щёток на ламели, к которым подсоединены линейные провода второго абонента. Таким образом, разговорные приборы телефонных аппаратов будут соединены между собой.

Построение АТС по принципу непосредственного включения абонентских линий в линейные искатели (ЛИ) является неэкономичным, так как требует большого количества дорогостоящих искателей. А так как каждый искатель

Автоматизированные системы управления и связь

является индивидуальным прибором отдельного абонента, то коэффициент использования их будет чрезвычайно низкий. Поэтому ЛИ делают коллективного пользования, предоставляя их только на время соединения.

Для подключения любой абонентской линии к любому из свободных ЛИ в состав оборудования АТС вводят ступень предварительного искателя (ПИ). В этом случае абонентская линия соединяется на станции с контактными искателями малой ёмкости, выполняющего функции предварительного искателя. Их число равно числу абонентских линий. Выводы контактного поля, имеющие одинаковые номера у всех ПИ, запараллеливают, и к ним подключаются контакты ЛИ, являющиеся приборами, предоставленными абонентам только на время установления соединения и разговора.



Увеличение ёмкости АТС достигается применением группообразования, сущность которого состоит в том, что общая ёмкость АТС делится на группы, ёмкость которых равна ёмкости контактного поля ЛИ, а между ступенями ПИ и ЛИ вводится дополнительная ступень – ступень группового искания ГИ. Назначением этой ступени является выбор группы, в которой находится линия вызываемого абонента. В качестве ГИ используются коммутационные приборы, как и для ступени ЛИ.

Декадно-шаговые АТС используют в своей работе электромагнитные механические шаговые и декадно-шаговые искатели. Основной недостаток указанных АТС - неустойчивость и износ контактов, движущихся механизмов, а также большие шумы, вносимые в разговорный тракт механическими искателями.

В координатных АТС используются многократные координатные соединители (МКС), которые являются приборами релейного действия, где соединения выполняются релейными контактами, приводимыми в действие при помощи электромагнитов. В АТС координатной системы отсутствуют указанные выше недостатки декадно-шаговых АТС. Однако все рассмотренные электромеханические коммутационные устройства (реле, искатели и соединители) обладают значительной инерционностью. Время, необходимое для включения и выключения механических контактов, относительно велико и составляет 5 – 35 мс.

Применение элементов бесконтактной коммутации позволяет значительно сократить время действия переключающих устройств.

К элементам бесконтактной коммутации релейного действия, имеющим в большинстве случаев два состояния («включение» – «выключение»), можно отнести магнитные элементы с прямоугольной петлёй гистерезиса (гирконовые реле или ферриты), отличающиеся быстродействием и долговечностью, так как магнитные свойства ферритовых сердечников практически не меняются с течением времени.

Автоматизированные системы управления и связь

АТС с электронным централизованным управлением, в коммутационной системе которых применяются быстродействующие реле, получили название квазиэлектронных (т.е. почти электронных) АТС.

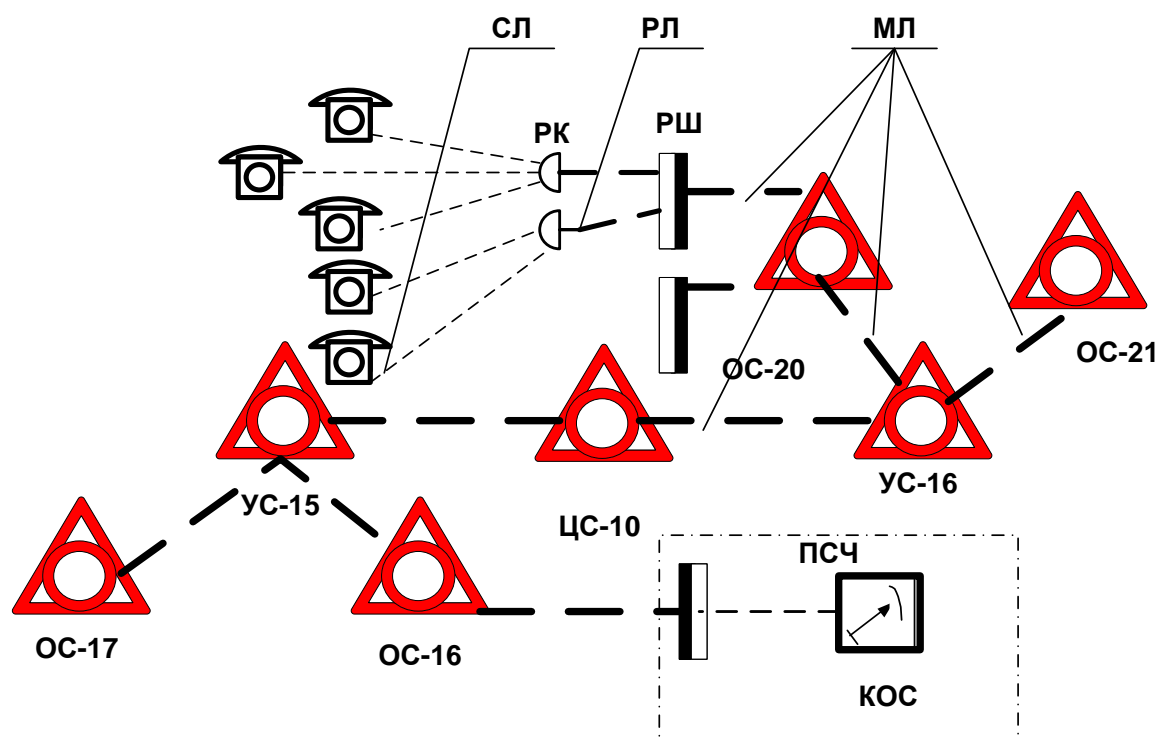
В квазиэлектронных АТС (АТСКЭ) в качестве коммутационных элементов чаще всего используются герконовые реле или ферриты, имеющие два устойчивых состояния «Да» или «Нет», то есть в рабочем состоянии элемента есть импульс «1», а в свободном – «0». Это даёт возможность широкого применения двоичного кода при обработке и передаче информации, а также в различных управляющих и сервисных программах.

2.4. Структура телефонной сети города

Телефонная сеть – комплекс сооружений и оборудования для телефонной связи, состоящий из телефонных узлов, телефонных станций, линий связи и телефонных аппаратов. Телефонные сети подразделяются на междугородные, зональные, внутризональные и местные (городские и сельские).

Любой абонент АТС может осуществить следующие соединения: с абонентами данной телефонной сети; с абонентом другого города или сельской местности; с абонентами местных учреждений или объектов; со специальными службами города, в том числе с пожарной охраной.

Структурная схема телефонной сети города



От телефонной станции 1 в сторону абонентов прокладываются кабели в специальных устройствах, называемых кабельной канализацией. Это – подземная система, состоящая из трубопроводов и смотровых колодцев. Кабельная канализация начинается от здания телефонной станции и идет в разных направлениях. Заканчивается она выводом кабеля на распределительные шкафы, устанавливаемые в центре обслуживаемого района. В трубопроводах

Автоматизированные системы управления и связь

прокладываются магистральные кабели. Телефонный кабель, идущий от станции до распределительного шкафа, называется магистральным.

Трубопроводы, в которых прокладывается кабель, состоят из асбоцементных труб диаметром 119 мм, длиной 2-3 м. Для замены, ремонта и осмотра проложенных кабелей, а также для укладки дополнительного кабеля через каждые 150 м устанавливаются смотровые колодцы.

Распределительные шкафы 2 – устройства, предназначенные для перехода с магистрального на распределительный кабель. По емкости они подразделяются на 1200-600 и 300-парные. Их устанавливают вблизи наружной стены здания или внутри него. От распределительного шкафа внутрь здания прокладывается кабель, оканчивающийся в распределительной коробке 3, от которой кабель меньшей емкости, например десятипарный, подходит к группе абонентов. Телефонный кабель, проложенный от распределительного шкафа 2 до распределительной коробки 3, называется распределительным. Распределительная коробка предназначена для соединения кабеля с жилами однопарного абонентского кабеля, т.е. для осуществления перехода от распределительной к абонентской сети. Абонентская сеть оканчивается телефонной розеткой, к которой подключается телефонный аппарат.

Спаривание телефонных аппаратов

Для сокращения числа соединительных линий используют спаривание телефонных аппаратов.

Включение двух абонентов с разными абонентскими номерами к одной линии АТС называют **спаренным включением ТА**. Как правило, номера абонентов отличаются только последней или предпоследней цифрой номера. Особенность такого включения состоит в том, что при разговоре одного из абонентов аппарат другого абонента автоматически отключается. Вызов со стороны АТС поступает только на тот аппарат, номер которого был набран.

Для спаренного включения ТА на АТС применяются станционные устройства спаривания телефонов, а у абонентов устанавливаются приставки диодного разделения цепей, которые устанавливаются вместо розеток.



Рис. 1.6. Схема подключения спаренных телефонов.

Станционное устройство спаривания телефонов производит постоянный опрос абонентов путём изменения полярности линии с частотой 0,5 - 1,0 Гц (т.е. время опроса каждого ТА составляет 0,5 - 1,0 с). Работа приставки диодного

Автоматизированные системы управления и связь

разделения основана на обеспечении питанием ТА, занявшего абонентскую линию, и блокированием цепи питания другого ТА, параллельно включенного через блокиратор. Это достигается включением в линейные цепи аппаратов блокировочных диодов так, чтобы диоды одного ТА были направлены навстречу диодам другого аппарата. Поэтому напряжение подаётся на каждый аппарат по очереди. Абонент, который первым снимет трубку, занимает линию. При этом на АТС станционное устройство спаривания устанавливает ту полярность, которая обеспечивает питание занявшего линию ТА.

2.5. Связь «01» и устройство автоматического определения номера телефонного абонента (УОН)

Связь абонентов с диспетчером пожарной охраны осуществляется набором двухзначного номера «01». При наборе цифры «0» осуществляется соединение с узлом спецсвязи (УСС) городской телефонной сети, а при наборе цифры «1» устанавливается связь с диспетчером ЦУС по одной из спецлиний «01».

В небольших городах УСС может быть установлен на одной из районных РАТС. В крупных городах УСС выделяется в самостоятельный узел связи.

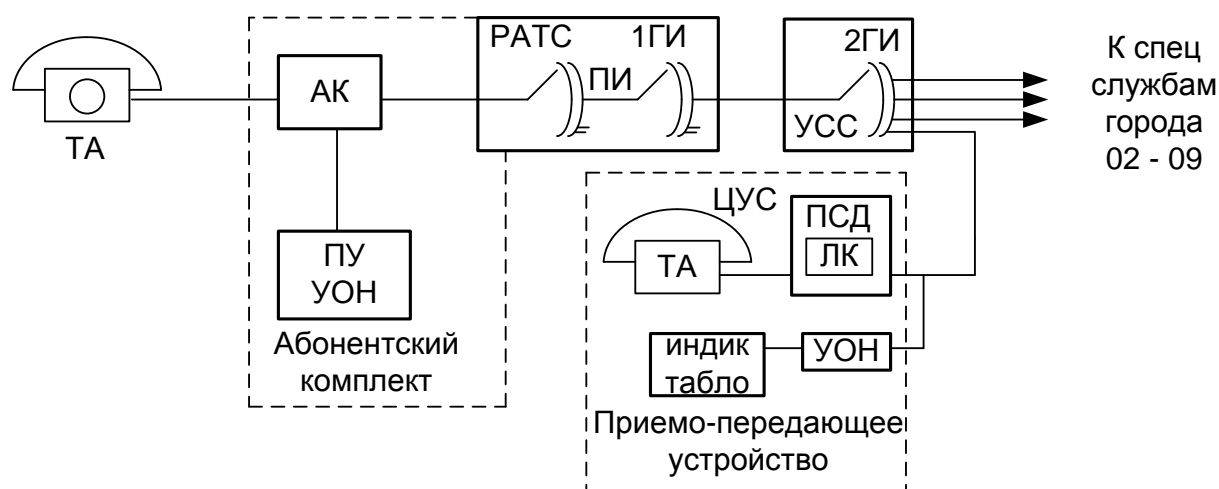


Схема связи абонентов АТС с диспетчером ЦУС

Устройство определения номера (УОН) предназначено для экстренного определения номера абонентов, включенных в АТС, оснащенных аппаратурой автоматического определения номера при вызове абонентами специальных служб города «01» и «02» и «03».

УОН является дополнительным оборудованием к станции (пульту) оперативной связи СОС-30М и ПОС-90 и взаимодействует с оборудованием АТС через специальные комплекты соединительных линий.

При определении номера телефона абонента оператор ЦУС осуществляет запуск (ППУ) - приемно-передающего устройства УОН нажатием кнопки на устройстве ППУ. Сигнал запроса от ППУ поступает в приемное устройство - ПУ УОН абонентского комплекта. После запуска передающего устройства УОН информация о номере и категории телефона вызывающего абонента поступает на ЦУС в ППУ и высвечивается номер и категория вызывающего телефона.

Автоматизированные системы управления и связь

Типовой серийной аппаратурой УОН является выпускаемая промышленностью аппаратура типа «Сова».

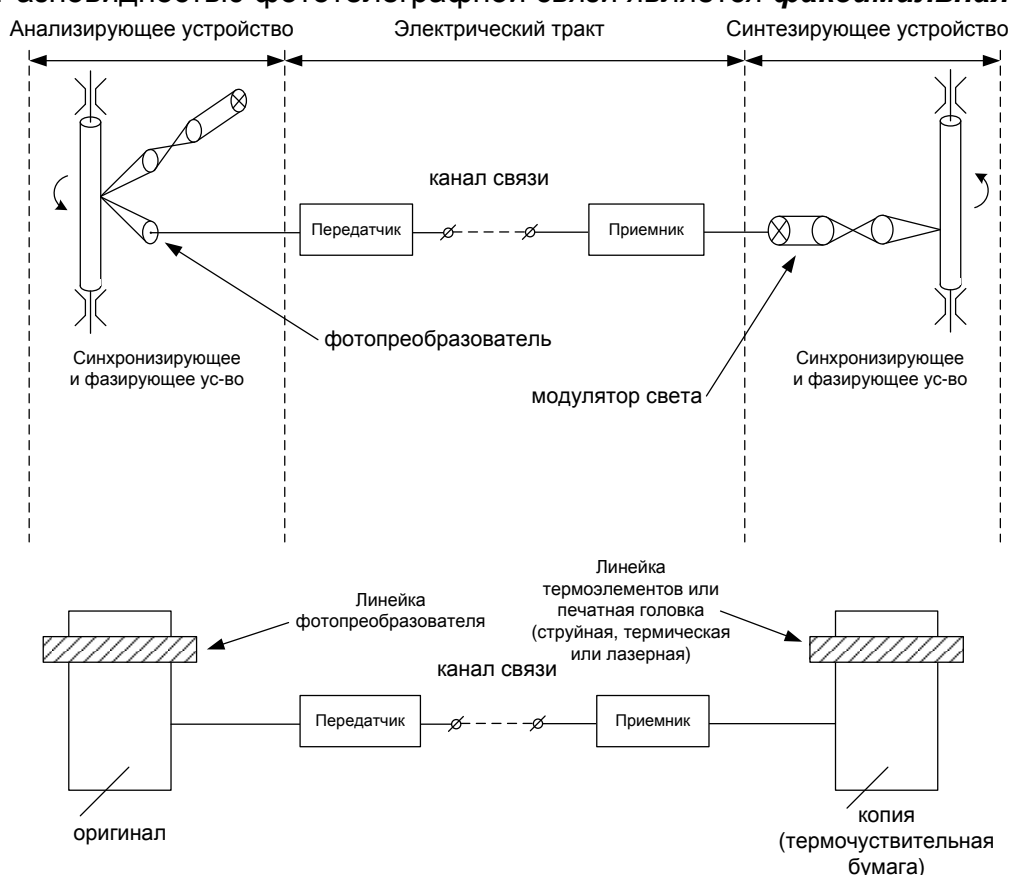
2.6. Телеграфная и фототелеграфная связь

Одной из разновидностей проводной связи является **телеграфная связь**. Она предназначена для передачи на расстояние буквенно-цифровых сообщений с обязательной их записью в пункте приема.

К достоинствам телеграфной связи относятся: быстрота соединения; высокая помехозащищенность; автоматический прием сообщений (и в отсутствие абонента); эффективное использование телефонных каналов связи при передаче дискретных сообщений. (Недостаток – низкая скорость -100 Бод).

Фототелеграфная связь – кроме буквенно-цифровой информации позволяет передавать рисунки, схемы, фотографии, копии документов и т.д.

Разновидностью фототелеграфной связи является **факсимильная связь**.



В состав аппаратуры факсимильной связи входят анализирующее устройство, электрический тракт, синтезирующее устройство, а также синхронизирующие и фазирующие устройства.

Факсимильная передача изображения производится методом развертки, суть которой заключается в последовательности передачи светового потока от элементарных площадок передаваемого изображения. Размеры площадок изображения определяются требованиями к точности воспроизведения деталей и контуров.

Развертывающий элемент на передающей стороне выделяет на поверхности оригинала элементарную площадку и в определенном порядке обегает всю площадь изображения. В соответствии с яркостью элементарной площадки на

Автоматизированные системы управления и связь

выходе передающего аппарата создается электрический сигнал, который через канал связи передается на приемный аппарат, где вновь преобразуется в световой сигнал. По поверхности приемного бланка перемещается так называемый воспроизводящий элемент (световое пятно). Причем это перемещение происходит по тому же закону, что и на передающей стороне, синхронно и синфазно с последним. При воздействии светового пятна на фотоматериал (специальную бумагу) на приемном бланке образуется изображение, являющееся копией оригинала.

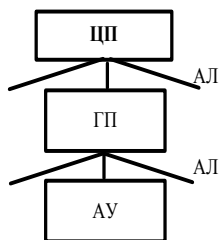
2.7. Диспетчерская оперативная связь

Диспетчерская оперативная связь отличается от автоматической телефонной связи наличием жестких, заранее определенных взаимосвязей и простейшим способом установления связи (нажатием ключа; голосом, снятием микротелефонной трубки). Перечисленные особенности обеспечивают оперативность связи, при которой исключаются потери, вызванные занятостью абонентов или приборов. Применительно к подразделениям пожарной охраны диспетчерская связь – это управление силами и средствами.

Устройства диспетчерской связи должны оперативно обеспечивать установление избирательной и циркулярной связи между старшим лицом (диспетчером, дежурным и др.) и исполнителями, а также возможность обеспечения группового вызова.

Для повышения оперативности управления диспетчерская связь должна быть преимущественно громкоговорящей с возможностью автоматического установления соединений. В то же время должна обеспечиваться и обычная телефонная связь.

В состав сети диспетчерской связи входят: центральный пульт ЦП, групповые пульта ГП, оконечные абонентские устройства АУ, подключенные к групповым пультам посредством абонентских линий АЛ.



Структурная схема диспетчерской связи

Промышленностью выпускаются специальные установки (коммутаторы) диспетчерской связи. Как правило, во всех установках каждому абоненту присваиваются индивидуальное вызывное или линейное реле, линия абонента с помощью абонентского ключа подключается к рабочему месту. Вызов от диспетчера посылается автоматически при подключении линии к рабочему месту диспетчера и прекращается также автоматически при снятии абонентом трубки. Занятие линии сигнализируется сигнальной лампой, присвоенной данному абоненту. Обеспечивается возможность одновременного группового вызова и разговора с параллельными абонентами.

Автоматизированные системы управления и связь

Следует отметить, что в пожарной охране в основном используются специальные установки диспетчерской связи: станция оперативной связи (СОС) – 30 (60) и пульт оперативной связи (ПОС) – 90.

ПОС-90 выпускается по индивидуальным заказам, имеет двухпульттовую конструкцию. Передача сообщений в этих установках может вестись по двум независимым каналам связи. Установки позволяют осуществлять прием любого абонента собственной сети; соединение абонентов между собой; циркулярную передачу с рабочего места или от выделенного абонента. Установки имеют возможность подключения своих абонентов к городской телефонной сети.

Недостаток такого типа установок – слабое использование проводных линий связи. Проводные линии связи в этом случае мало загружены и используются лишь ограниченную часть суток и в период тревоги или при проведении служебных совещаний.

Существует несколько способов, повышающих коэффициент использования линейных сооружений станций оперативной связи.

В подразделениях ГПС и ГОЧС в настоящее время широко внедряется цифровая система оперативно-диспетчерской связи «НАБАТ» с функциями мини-АТС, которая предназначена для обеспечения оперативной, диспетчерской связи в различных звеньях управления, требующих организации ведомственной связи оперативного дежурного с прямыми абонентами телефонных сетей, а так же организации ведомственной сети телефонной связи. Система обеспечивает телефонную и громкоговорящую связь в автоматическом и полуавтоматическом режимах коммутации.

Система позволяет реализовывать различные варианты индивидуальной и групповой телефонной связи по аналоговым и цифровым линиям связи. Представляет собой коммутационную систему с полноступным цифровым коммутационным полем, с возможностью расширения абонентской емкости и емкости внешних линий. В системе реализована функция АТС, то есть абонентам предоставляется возможность внутренней связи и доступ к городской телефонной сети. Кроме того, существует возможность реализации функций громкоговорящего оповещения и автоматического определения номера (АОН) вызывающего абонента.

ЛЕКЦИЯ №6

Тема №3 «Основы радиосвязи»

3.1. Структура и основные элементы радиосвязи

Радиосвязь – это обмен сообщениями между двумя и более абонентами с помощью электрических сигналов, переносимых через пространство радиоволнами.

В основе радиосвязи лежит техника преобразования радиопередатчика электрической энергии высокой частоты в электромагнитные колебания, физика распространения электромагнитных колебаний – радиоволн в пространстве, техника преобразования электромагнитных колебаний – радиоволн в электрические колебания радиоприемником.

В зависимости от формы сообщений различают радиотелефонную, радиотелеграфную и телевизионную связь.

На рис.1. показана структурная схема радиотелефонной связи. Микрофон М преобразует звуковые колебания речи в электрические колебания тока низкой частоты, одинаковые по частоте с колебаниями звука.

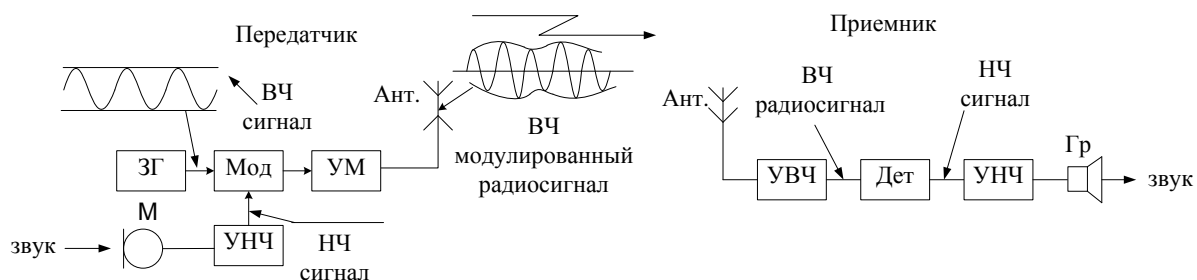


Рис. 1. Структурная схема радиосвязи

Основными блоками радиопередатчика является задающий генератор ЗГ, преобразующей энергию постоянного тока (специального источника, на схеме для упрощения не показанного), в энергию высокой частоты, и модулятор, изменяющий один из параметров ВЧ сигнала (амплитуду, фазу и частоту) по закону изменения НЧ сигнала.

Усиленный ток низкой частоты (звуковой частоты) подается в модулятор, воздействуя на параметры (амплитуду, или частоту, или фазу) токов высокой частоты. В результате от усилителя мощности (УМ) в антенну передатчика через фидерную линию (коаксиальный кабель) подаются токи высокой частоты, изменяющиеся по амплитуде, частоте или фазе в соответствии с передаваемыми звуковыми колебаниями. Этот процесс называется модуляцией соответственно частотной амплитудной или фазовой.

Ток ВЧ, проходя по проводу антенны, образует вокруг него электромагнитное поле волновой структуры. Электромагнитные волны (радиоволны) отделяются от антенны и распространяются во все стороны со скоростью света 300000 км/с (скорость распространения звука 330 м/с).

Автоматизированные системы управления и связь

С помощью специальных форм и конструкций передающих антенн добиваются направленного излучения радиоволн, т.е. излучения в сторону приемной радиостанции. Так как радиоволны созданы модулированными токами, то и сами они являются модулированными и благодаря этому как бы переносят на себе передаваемые звуковые колебания.

В приемной антенне под действием радиоволн (электромагнитного поля) наводится ЭДС высокой частоты, создающая модулированный ток ВЧ, который в точности повторяет все изменения тока в передающей антенне. Незначительная по величине ЭДС и ток ВЧ в приемной антенне по фидерному тракту подаются на избирательный усилитель высокой частоты – ИУВЧ. Предварительная избирательность обеспечивается резонансным контуром, чаще всего состоящим из параллельно включенных катушки индуктивности и емкости, образующих колебательный контур резонанса тока на частоте ВЧ колебаний передатчика. Благодаря этому в приемнике из колебаний всех работающих передатчиков выделяются только те, которые создаются своим передатчиком, так как именно на частоту колебаний излучаемых им радиоволн настроен приемник. К ВЧ-сигналам передатчиков, работающих на других частотах, данный радиоприемник практически нечувствителен.

Усиленный ИУВЧ сигнал подается на детектор Д, преобразующий принятые сигналы высокой частоты в сигналы низкочастотных колебаний, изменяющихся подобно токам звуковой частоты, создаваемых микрофоном на передающем пункте. Подобное преобразование называется детектированием. Полученный после детектирования ток низкой частоты усиливается НЧ усилителем и передается на громкоговоритель, который преобразует этот низкочастотный ток в звуковые колебания.

Радиосвязь бывает односторонняя и двухсторонняя. При односторонней радиосвязи передача сообщений идет только в одну сторону, передатчик и приемник разнесены в пространстве (системы персонального вызова). При двухсторонней радиосвязи может быть организована симплексная или дуплексная связь.

Симплексная – это такая радиосвязь, когда каждый абонент ведет только передачу или только прием поочередно, на одной несущей частоте (рис.2). При симплексной связи каждая радиостанция имеет одну антенну, которая при приеме и передаче переключается соответственно к входу приемника или к выходу передатчика.

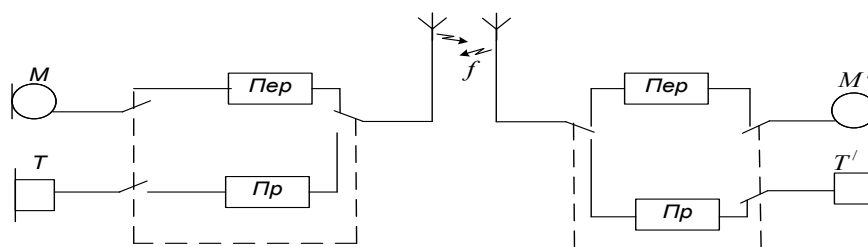


Рис.2. Структурная схема симплексной радиосвязи

Дуплексная – это такая радиосвязь, когда оба абонента ведут прием и передачу одновременно на двух несущих частотах. Для дуплексной радиосвязи требуется две разные несущие частоты, а передатчики и приемники должны

Автоматизированные системы управления и связь

иметь свои собственные антенны (рис.3). Кроме того, на входе каждого приемника устанавливают специальный фильтр, дуплексер, не пропускающий колебаний высокой частоты передатчика на собственный приемник. Достоинством дуплексной радиосвязи является большая оперативность и пропускная способность связи, чем при симплексной связи.

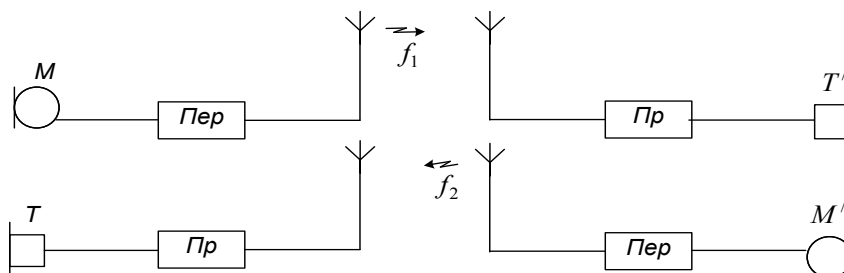


Рис. 3. Структурная схема дуплексной радиосвязи

Радиосвязь имеет следующие преимущества перед проводной связью:

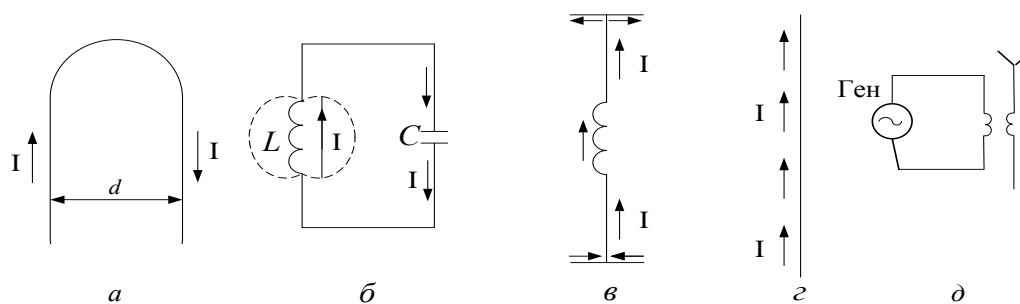
- быстрое развертывание на любой местности и в любых условиях;
- высокая оперативность и живучесть;
- возможность передачи различных сообщений абонентам циркулярно, избирательно или группе абонентов;
- возможность связи с подвижными объектами;
- меньшую стоимость по сравнению с каналами проводной связи.

3.2. Излучение и распространение радиоволн

Электромагнитные волны излучаются проводником, по которому проходит ток высокой частоты. В согнутом в виде петли проводнике (рис.4а) токи в двух его половинах направлены в противоположенные стороны. Электромагнитные волны, создаваемые этими токами, противоположны по фазе и, если расстояние между проводами мало по сравнению с длиной волны, то эти волны будут в пространстве взаимно уничтожаться. Следовательно, провод в виде петли не излучает электромагнитные волны. Тоже самое можно сказать и о закрытом колебательном контуре (рис.4б).

Если раздвинуть обкладки конденсатора и развернуть соединительные провода в прямую линию (рис.4в), то токи в этих проводах будут иметь одинаковое направление. Такой контур называется открытым, он уже может излучать электромагнитные волны.

Автоматизированные системы управления и связь



- a* - петлевой элемент провода, не излучающий электромагнитные волны;
- б* - замкнутый колебательный контур;
- в* - разомкнутый колебательный контур;
- г* - прямолинейный элемент провода, излучающий электромагнитные волны;
- д* - элемент индуктивной связи с антенной

Рис. 4. Направления токов в элементах колебательного контура

Увеличить излучение электромагнитных волн можно в случае, если вытянуть провод катушки в прямую линию и вместо обкладок конденсатора для создания необходимой емкости применить провода достаточной длины (рис.4г).

Направление токов во всех элементах проводов будет одно и тоже, т.е. колебания во всех частях провода будут совершаться в одинаковых фазах и излучение станет наибольшим. Таким образом, открытый контур в простейшем случае представляет собой прямолинейный провод. Практически же в нем все же оставляют небольшую катушку для индуктивной связи с выходным каскадом передатчика и с УВЧ радиоприемника, на входе которого, как правило, включается колебательный контур (рис.4д).

ЛЕКЦИЯ №7

Тема №3 «Основы радиосвязи»

3.2.1. Образование радиоволн, диполь Герца

Всякий провод обладает собственной индуктивностью и собственной емкостью, распределенными по его длине, а поэтому является своеобразным колебательным контуром, в котором можно получить свободные электрические колебания. На схеме рис.1а в положении 1 переключателя П обе половины провода заряжаются от батареи Б. После перевода переключателя в положение 2 электроны будут двигаться вдоль провода в направлении от нижней его половины к верхней, а затем в обратном направлении, т.е. в проводе возникнут свободные затухающие колебания.

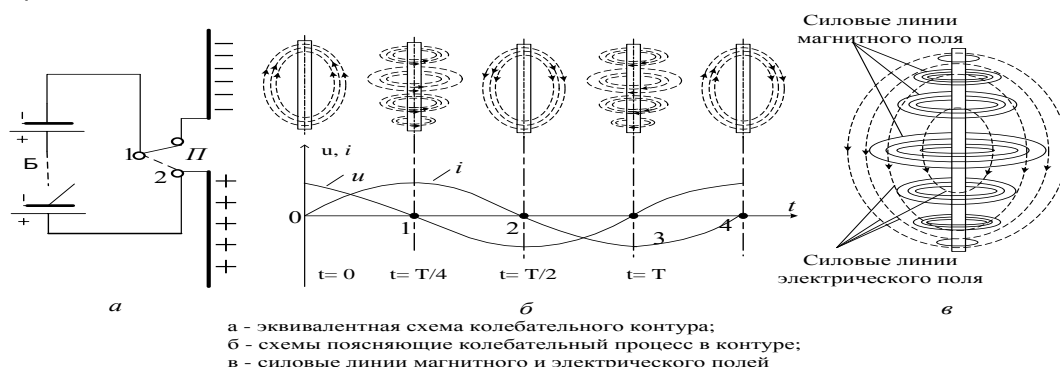


Рис. 1. Схема для возбуждения свободных колебаний в открытом контуре и колебательный процесс в нем

Отдельные фазы колебательного процесса в проводе показаны на рис.5б. В верхней части рисунка показано распределение электрического и магнитного полей, а в нижней части – соответствующие им графики изменения напряжения и тока в антенне.

Напряжение в какой-либо точке проводника принято называть разностью потенциалов между данной точкой и симметрично ей расположенной точкой на второй половине провода. График тока показывает изменения напряженности магнитного поля, а график напряжения показывает изменения напряженности электрического поля.

В начальный момент ($t=0$ на рис.1б) провод обладает потенциальной энергией электрического поля зарядов, сосредоточенных на верхней и нижней половинах провода. Разность потенциалов имеет максимальную величину, а тока пока нет. При движении зарядов вдоль провода, ток возрастает, а напряжение уменьшается, и потенциальная энергия электрического поля переходит в кинетическую энергию магнитного поля, создаваемого током. Спустя четверть периода электрическое поле заменяется магнитным полем. В этот момент ток достигает максимума, а напряжение равно нулю. Затем ток и магнитное поле уменьшаются, в результате чего возникает ЭДС самоиндукции, которая поддерживает движение электронов и провод перезаряжается. Энергия переходит из магнитного поля в электрическое и т.д. В промежуточные моменты

Автоматизированные системы управления и связь

одновременно существуют электрическое и магнитное поля. Электрическое и магнитное поля существуют вдоль провода. Причем магнитное поле наиболее сильное в середине провода, где ток наибольшей величины, а на концах провода ток равен нулю и магнитное поле отсутствует.

Открытый колебательный контур в виде прямолинейного провода, в котором могут происходить свободные электрические колебания, называют симметричным вибратором, или диполем Герца. Чтобы колебания были незатухающими, его связывают с генератором с помощью индуктивной связи (рис.4д). В результате возникновения свободных электромагнитных колебаний в антенне устанавливается стоячие волны тока и напряжения, длина которых вдвое больше длины антенного провода, т.е. $\lambda = 2\ell$.

3.2.2. Графическое представление электромагнитных излучений

На рис. 6 приведено графическое изображение радиоволны излучаемой антенной, в виде двух синусоид, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях. Векторы электрического поля \vec{E} расположены в вертикальной плоскости, а векторы магнитного поля, \vec{H} - в горизонтальной плоскости. Оба вектора перпендикулярны вектору (Умова-Пойнтинга). Направление вектора $\vec{\Pi}$ совпадает с направлением распространения радиоволн, а его длина в принятом масштабе соответствует количеству электромагнитной энергии, которую переносят радиоволны.

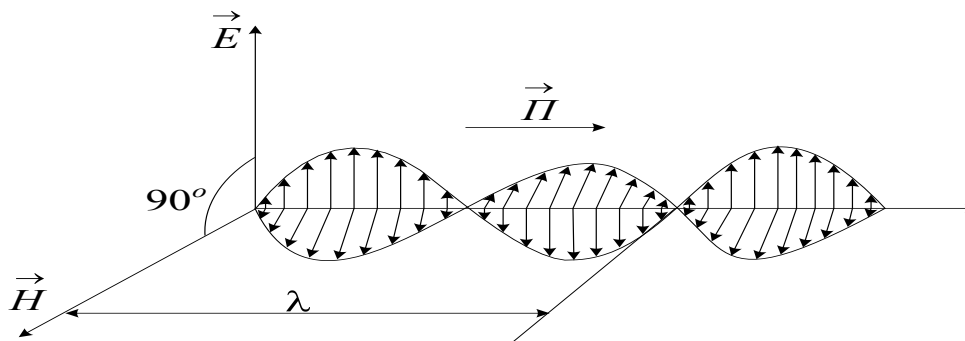


Рис. 2. Графическое изображение электромагнитной волны

Если вообразить вокруг антенны существование некоторой сферической поверхности, то мощность, проходящая через единицу поверхности сферы, в центре которой находится излучатель, определяется величиной модуля вектора Умова-Пойнтинга:

$$\vec{\Pi} = \frac{P_{изл}}{4\pi r^2}, \text{ Вт/м}^2$$

где $\vec{\Pi}$ - плотность потока энергии, Вт/м²; $P_{изл}$ – мощность излучения, Вт; r – расстояние от излучателя до точки приема, м.

Таким образом, величина плотности потока энергии радиоволны с увеличением расстояния от точки приема убывает пропорционально квадрату расстояния.

Автоматизированные системы управления и связь

Распространяющиеся от вибратора электромагнитные волны всегда имеют определенную поляризацию, т.е. электрические и магнитные силовые линии у них располагаются в определенных плоскостях (в плоскости проходящей через векторы \vec{E} и \vec{H}). На рис.6 показаны вертикально поляризованные радиоволны.

Если вибратор расположен горизонтально, то векторы \vec{E} и \vec{H} получают направление вдоль поверхности земли и радиоволны будут горизонтально поляризованы. У радиостанций приемная антенна должна быть ориентирована в соответствии с поляризацией принимаемых радиоволн.

3.2.3. Деление радиоволн на диапазоны. Особенности распространения радиоволн в КВ и УКВ диапазонах.

Нахождение электромагнитных волн, используемых для связи на земной поверхности, оказывают влияние рельеф поверхности земли и электрические свойства грунта, а также свойства самых нижних слоев атмосферы (тропосферы) и верхних ионизированных слоев атмосферы (ионосферы). *Тропосфера* – это слой атмосферы высотой до 16 км, примыкающий к поверхности земли, и с некоторым допущением принимающийся за диэлектрик без потерь. Потери могут быть за счет перемещения молекул (ингредиентов), обладающих электрическими и магнитными моментами. Потери увеличиваются на сверхвысоких частотах при дожде и тумане.

Ионосфера располагается на высоте около 60 км от поверхности земли и простирается до высоты 600 км. Степень ионизации ионосферы сильно зависит от воздействия ультрафиолетовых лучей солнца. Между тропосферой и ионосферой находится стратосфера.

Радиоволны от передающей антенны достигают ионосферы и отражаются от нее. При встрече непрозрачных препятствий электромагнитные волны стремятся огибать их. Это явление называют *дифракцией*. Чем длиннее электромагнитная волна, тем сильнее сказывается дифракция. Радиоволны, распространяющиеся по поверхности земного шара, огибающие его вследствие дифракции, называют *земными радиоволнами* (поверхностными). Радиоволны, распространяющиеся вокруг земного шара благодаря однократному или многократному отражению от ионосферы, называют *пространственными* или *ионосферными*.

Если бы земля была идеально плоской и обладала высокой электропроводностью, а воздух был идеальным диэлектриком, радиоволны распространялись бы в этом воздушном диэлектрике, отражаясь от поверхности земли, как от экрана, не проникая в глубь ее. Но так как земля не является идеальным проводником, то силовые линии радиоволн частично проникают в нее и образуют там токи, в результате чего возникают потери энергии на нагревание почвы.

Кроме того, радиоволны поглощаются твердыми диэлектриками, полупроводниками и проводниками при встрече с ними. Поглощение радиоволн проводником объясняется тем, что электромагнитная волна приводит в движение электроны проводника и создает в нем ток высокой частоты. На образование

Автоматизированные системы управления и связь

этого тока и расходуется электромагнитная энергия радиоволны. Если электромагнитная волна движется вдоль проводника, то поглощение энергии гораздо меньше. Поэтому над проводящей поверхностью, например водой, железнодорожными рельсами, радиоволны распространяются дальше, чем над сухой землей.

При распространении радиоволны (особенно в городах) поглощаются не только землей, но и металлическими крышами, железобетонными сооружениями и другими электропроводящими сооружениями. Радиоволны при встрече с электропроводящими телами способны отражаться. Физический смысл отражения радиоволн заключается в том, что падающая радиоволна создает в поверхностном слое отражающего тела токи, которые дают излучение новых, т.е. отраженных радиоволн.

Таким образом, радиоволны, распространяющиеся от передающей антенны к приемной, ослабевают по мощности из-за поглощения землей, поглощения и отражения другими препятствиями.

Радиоволны различных радиопередатчиков могут накладываться (складываться) друг на друга в точке приема. Именно по этой причине в приемнике прослушиваются пiski, свисты, гудение и т.д. Явление сложения двух или нескольких радиоволн называют *интерференцией*. Интерференция радиоволн от одного и того же передатчика ввиду разницы фаз входящих радиоволн приводит к усилению или ослаблению результирующей радиоволны в точке приема, а следовательно, и к изменению выходного сигнала приемника (в частности, к изменению громкости звучания речи при телефонной радиосвязи).

В соответствии с международным регламентом радиосвязи радиоволны занимают полосу электромагнитных частот от $3 \cdot 10^3$ до $30 \cdot 10^{12}$ Гц и делятся на девять диапазонов (табл.3.1).

Таблица 1

Диапазоны радиоволн

Номер диапазона	Диапазон частот	Радиочастота	Длина радиоволн	Радиоволны
4	3-30 кГц	Очень низкие	10-100 км	Мириаметровые
5	30-300 кГц	Низкие	1-10 км	Километровые
6	300-3000 кГц	Средние	100-1 км	Гектометровые
7	3-30 МГц	Высокие	10-100 м	Декаметровые
8	30-300 МГц	Очень высокие	1-10 м	Метровые
9	300-3000 МГц	Ультравысокие	10-100 см	Дециметровые
10	3-30 ГГц	Сверхвысокие	1-10 см	Сантиметровые
11	30-300 ГГц	Крайне высокие	1-1 мм	Миллиметровые
12	300-3000 ГГц	Гипервысокие	0,1-1 мм	Децимиллиметровые

Радиоволны длиной от 10 до 1км называют длинными волнами (ДВ), от 1км до 100м – средними (СВ), от 100 до 10м – короткими (КВ), менее 10 м – ультракороткими (УКВ).

Автоматизированные системы управления и связь

Длинные волны имеют поверхностное распространение. Достоинством длинных волн является то, что дальность их действия в течение дня и ночи, лета и зимы меняется мало. Связь на длинных волнах находит ограниченное применение, так как для связи на большие расстояния требуются мощные радиопередатчики. Кроме того, в диапазоне длинных волн невозможна одновременная работа большого числа радиостанций.

Средние волны используются для радиовещания, телеграфной и телефонной радиосвязи. Затухание пространственных волн в этом диапазоне сильно изменяется, и их использование нецелесообразно; на поверхностной волне связь довольно устойчива, так как затухание мало зависит от условий распространения. Короткие волны могут использоваться как для связи на небольших, так и на больших (несколько тысяч километров) расстояниях.

Ультракороткие волны широко используются в радиосвязи, телевидении, радиолокации, радионавигации, в том числе в радиосвязи пожарной охраны. Эти волны, как правило, не отражаются от ионосферы. Поэтому связь на них осуществляется только за счет поверхностной волны. Для радиосвязи в УКВ-диапазоне необходимо обеспечение прямой видимости между передающей и приемной антеннами. Дальность радиосвязи на поверхности земли составляет 40 – 60 км и возрастает с подъемом антенн. Влияние атмосферной рефракции (искривление пути распространения радиоволн в неоднородной среде воздуха) приводит к заметному увеличению прямой видимости и, следовательно, к увеличению дальности радиосвязи.

Сантиметровые и миллиметровые волны применяются в радиорелейной связи, радиолокации и для других специальных целей. Они распространяются практически прямолинейно и сильно поглощаются влажной средой.

3.3. Схемы антенно-фидерных устройств

В простейшем случае антенное устройство для длинных, средних, а иногда коротких волн может быть выполнено в соответствии с рис.3. Над землей на некоторой высоте подвешивается сама антенна – провод или система проводов, играющая роль одной обкладки конденсаторов. Второй обкладкой является земля (антенна с заземлителем) или второй провод – противовес (антенна с противовесом), подвешенный невысоко над землей.

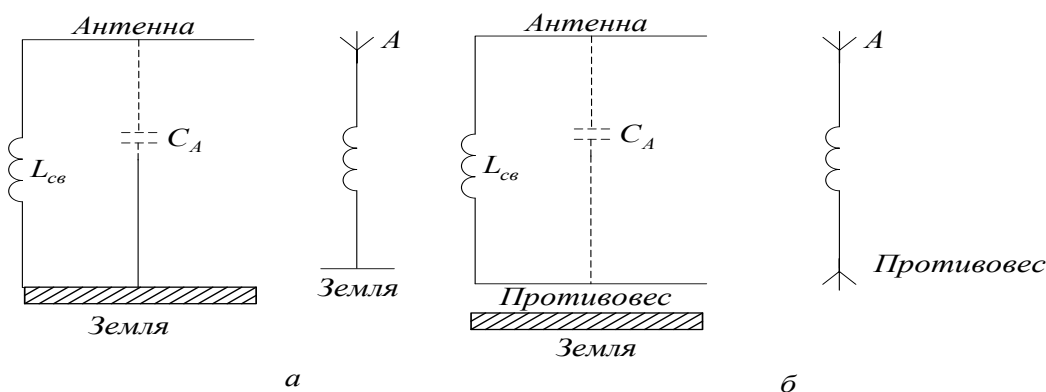


Рис. 3. Антенное устройство с заземлением (а) и противовесом (б)

Автоматизированные системы управления и связь

Вибратор является главной частью антенн, работающих на коротких (КВ) и ультракоротких (УКВ) волнах.

Мощность излучаемых радиоволн $P_{изл}$ определяется

$$P_{изл} = I_A^2 \cdot R_{изл}, \text{ Вт};$$

где I_A – ток в пучности вибратора;

$R_{изл}$ – сопротивление излучения вибратора, величины которого составляет 50-60 Ом.

Сопротивление излучения вибратора – это такое сопротивление, которое оказывает вибратор генератору, включенному в пучность тока (в середину вибратора):

$$R_{изл} = 80 \cdot \pi^2 \left(\frac{\ell}{\lambda} \right)^2, \text{ Ом}$$

где ℓ - длина провода антенны;

λ - длина волны.

ЛЕКЦИЯ №8

Тема №3 «Основы радиосвязи»

3.4. Антенно-фидерные устройства радиостанций, используемых в пожарной охране

3.4.1. Требования к антеннам и основные типы антенн

Антенны различаются диапазоном излучаемых (принимаемых) радиоволн, перекрытием по частоте (частотонезависимые, широкополосные и узкополосные), направленностью излучения или приема (ненаправленные, слабонаправленные, остронаправленные), принципом действия и конструктивным выполнением.

Антенны радиостанций, используемых в пожарной охране, должны отвечать ряду требований, обусловленных спецификой работы пожарных подразделений: иметь малые габариты и большой коэффициент полезного действия; равномерно излучать электромагнитную энергию во все стороны горизонта; одинаково хорошо работать в качестве передающих и приемных. Антенны стационарных радиостанций одновременно должны выполнять роль молниеотводов. От правильного выбора и согласования антенно-фидерного устройства с радиостанцией зависит качество и дальность радиосвязи.

Широкое распространение в УКВ связи получили антенны, основанные на принципе симметричного вибратора (полуволнового вибратора). Вдоль симметричного вибратора укладывается половина волны тока и напряжения (рис. 1а), причем длина вибратора равна

$$l = \lambda / 2$$

где l - длина вибратора; λ - длина волны, соответствующая частоте собственных колебаний вибратора. Поэтому симметричный вибратор называют полуволновым. Чем больше длина вибратора, тем больше его емкость, индуктивность, меньше частота собственных колебаний и больше длина волны.



Рис .1. Направленность полуволнового вибратора

Автоматизированные системы управления и связь

3.4.2. Диаграммы направленности антенн

Полуволновый вибратор излучает радиоволны с неодинаковой интенсивностью в различных плоскостях. О направленности действия любой антенны дает представление соответствующая диаграмма направленности, т.е. график, показывающий зависимость напряженности поля радиоволн от направления излучения. Различают диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Диаграммы могут быть получены аналитическим методом или опытным путем, например, измерением напряженности поля вокруг излучающей антенны (все измерения – на одинаковом расстоянии от антенны). Строятся диаграммы направленности как в полярных, так и в декартовых системах координат. Для большей наглядности чаще используются диаграммы, построенные в полярных координатах. В этом случае по окружности откладываются углы от 0 до 360° , а вдоль радиуса – отношение напряженности поля (для соответствующего направления) к его максимальной напряженности.

Диаграмма направленности полуволнового вибратора в горизонтальной плоскости представляет собой окружность. Это значит, что в горизонтальной плоскости такая антенна является ненаправленной (см. рис. 1).

Вибратор называют полуволновым. Чем больше длина вибратора, тем больше его емкость, индуктивность, меньше частота собственных колебаний и больше длина волны.

Полуволновый вибратор излучает радиоволны с неодинаковой интенсивностью в различных плоскостях. О направленности действия любой антенны дает представление соответствующая диаграмма (направленности) действия любой антенны дает представление соответствующая диаграмма, т.е. график, показывающий зависимость напряженности поля радиоволн от направления излучения. Различают диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Диаграммы могут быть получены аналитическим методом или опытным путем, например, измерением напряженности поля вокруг излучающей антенны. Все измерения – на одинаковом расстоянии от антенны. Строятся диаграммы направленности как в полярных, так и в декартовых системах координат. Для большей наглядности чаще используются диаграммы, построенные в полярных координатах. В этом случае по окружности откладываются углы от 0 до 360° , а вдоль радиуса – отношение напряженности поля (для соответствующего направления) к его максимальной напряженности.

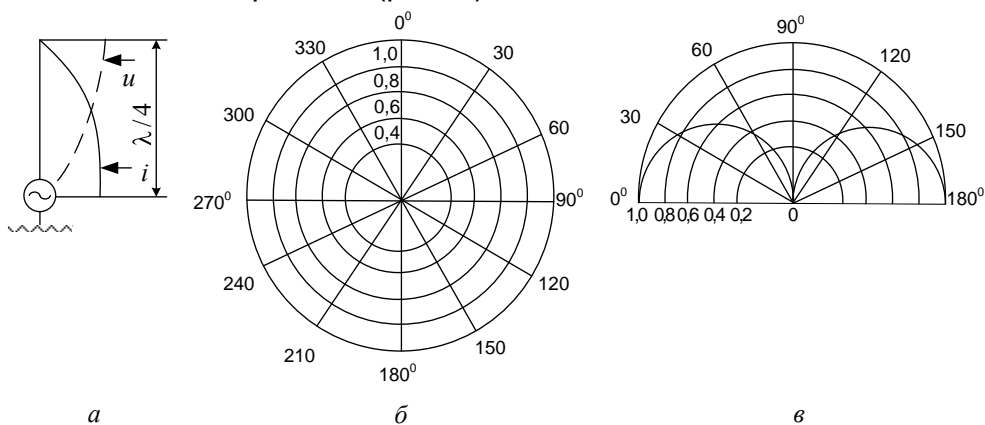
Диаграмма направленности полуволнового вибратора в горизонтальной плоскости представляет собой окружность. Это значит, что в горизонтальной плоскости такая антенна является ненаправленной (всеенаправленной) (см. рис.1,б).

В вертикальной плоскости излучение вибратора происходит неодинаково в различных направлениях (см. рис.1,в). Наибольшая напряженность поля образуется в направлениях, перпендикулярных оси вибратора, а вдоль оси излучения нет.

Наряду с симметричным вибратором в УКВ радиосвязи находят применение антенны, основанные на принципе несимметричного вибратора. Такой вибратор образуется, если одну часть симметричного вибратора убрать, а освободившийся

Автоматизированные системы управления и связь

конец антенны соединить с землей. В оставшейся части вибратора распределение тока и напряжения не нарушится. Такой вибратор называется заземленным или несимметричным (рис. 2).



а - распределение тока и напряжения; б - диаграмма направленности в горизонтальной плоскости; в - то же в вертикальной плоскости

Рис.2. Направленность четвертьволнового вибратора

Длина вибратора в этом случае равна четверти собственной длины волны: $\ell = \lambda/4$. Поэтому заземленный вибратор называют четвертьволновым. Вдоль земли у такого вибратора излучение одинаково во всех направлениях.

3.4.3. Основные параметры антенн

Для оценки направленных свойств антенн любого типа служит коэффициент направленного действия. Он показывает, во сколько раз нужно увеличить мощность излучения передатчика при переходе от направленной антенны к ненаправленной, чтобы сохранить неизменной напряженность поля в пункте приема. При этом за ненаправленную принимают воображаемую антенну, равномерно излучающую во все стороны. Коэффициент усиления антенны численно равен произведению коэффициента направленного действия на коэффициент полезного действия:

$$G = D\eta_A; \quad \eta = \frac{P_\Sigma}{P_A} = \frac{R_\Sigma}{R_\Sigma + R_{II}}; \quad R_\Sigma = \frac{P_\Sigma}{I^2_A}; \quad R_A = R_\Sigma + R_{II}$$

где G – коэффициент усиления; D – коэффициент направленного действия антенны; η_A – коэффициент полезного действия антенны; R_{II} – сопротивление потерь; R_A – сопротивление антенны. На практике коэффициент усиления антенны меньше коэффициента направленного действия, так как первый учитывает не только выигрыш мощности за счет направленности, но и проигрыш за счет бесполезных потерь в реальной антенной системе.

Коэффициент направленного действия антенны является важным параметром. Используя направление свойства передающей антенны, можно уменьшить мощность передатчика, питающего эту антенну. При приеме (благодаря направленным свойствам антенны) уменьшаются помехи. Указанные свойства антенн можно использовать для стационарных пунктов радиосвязи.

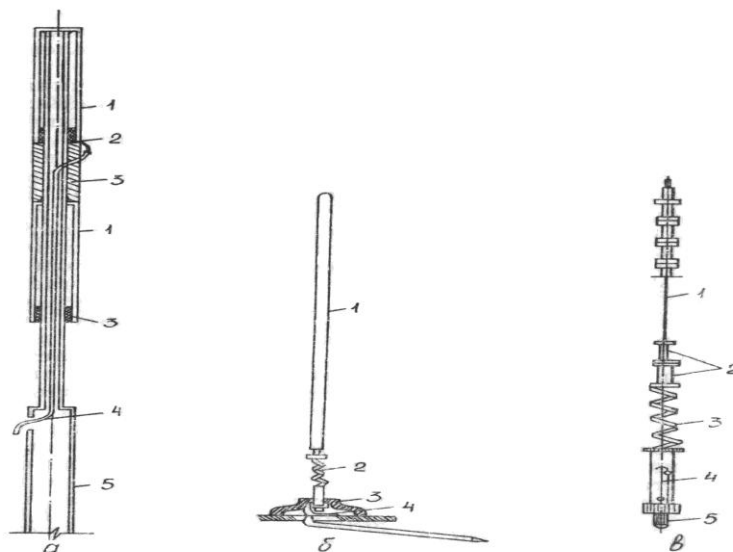
Автоматизированные системы управления и связь

Для полуволнового вибратора коэффициент направленного действия в направлениях максимального излучения $D \approx 1,6$; КПД такого вибратора близок к единице. Поэтому и коэффициент усиления в направлении максимума будет равен примерно 1,5-1,6.

В режиме передачи используются антенны любого типа для преобразования энергии тока высокой частоты в энергию электромагнитных волн.

3.4.4. Конструкции антенн, применяемых в пожарной охране.

В качестве антенн, устанавливаемых на ЦППС, пунктах связи части (ПСЧ) и других пунктах радиосвязи, чаще всего применяются стационарные антенны типа «стакан» (рис.3,а). Такая антенна представляет собой симметричный полуволновый вибратор, состоящий из полых медных цилиндров 1 с заваренными верхними торцами. Верхняя и нижняя половины вибратора образуют как бы опрокинутые стаканы. Отсюда и название антенны. Оба «стакана» эквивалентны четвертьволновым отрезкам коаксиальной фидерной линии, замкнутой на конце. Такая линия для токов высокой частоты представляет собой конечное активное сопротивление. Поэтому, хотя верхнее и нижнее плечи вибратора имеют электрическое соединение с заземляемой металлической опорой 5, токи высокой частоты не замыкаются на землю. Геометрическая длина антенны выбирается равной $l = \lambda/2$, а входное сопротивление – около 72 Ом.



а – стационарная типа «стакан»: 1-металлические цилиндры (стаканы); 2- место подсоединения центральной жилы кабеля; 3-изолятор; 4-коаксиальный кабель; 5-металлическая опора;

б – автомобильная штыревая: 1-металлический штырь; 2-пружина; 3-проходной изолятор; 4-согласующий четвертьволновой трансформатор;

в – носимая антенна Куликова: 1-стальной трос; 2-металлические цилиндры; 3-пружина; 4-система натяжения троса и замок; 5-резьбовое соединение.

Рис.3. Конструкция антенн

Автоматизированные системы управления и связь

Рассмотренная конструкция антенны обеспечивает эффективное преобразование энергии токов высокой частоты в энергию радиоволн и одновременно выполняет роль молниеотвода. Диаграммы направленности антенны типа «стакан» в горизонтальной и вертикальной плоскостях аналогичны представленным на рис.1.б,в.

Для установки на подвижные объекты широкое применение находят штыревые антенны, обладающие ценными качествами: простотой конструкции и достаточной механической прочностью. Штыревая антенна представляет собой несимметричный четвертьволновый вибратор. Его входное сопротивление примерно в два раза меньше, чем у антенны типа «стакан». Конструктивно антенна выполняется в виде металлического штыря 1, пружины 2, проходного изолятора 3. Для согласования антенны с коаксиальным кабелем используется четвертьволновый трансформатор 4 (см. рис. 3б). Экранирующая оплетка кабеля должна быть заземлена. Для подвижных объектов применять заземление невозможно, поэтому используют противовесы.

Противовес – это система проводников, подвешиваемых под антенной и изолированных от земли. В радиостанциях, установленных на автомобилях, в качестве противовеса чаще всего используется крыша или другая металлическая деталь автомобиля. В автомобиле с брезентовым тентом противовесом должно служить кольцо с приваренными к нему четвертьволновыми штырями, расположенными друг к другу под углом 120° . Кольцо со штырями размещается в горизонтальной плоскости у основания антенны, и к нему припаивается экранирующая оплетка кабеля. От качества соединения экранирующей оплетки антенного кабеля с металлической массой автомобиля или противовесом в большой степени зависит величина мощности, излучаемой антенной.

Диаграммы направленности штыревой антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях аналогичны диаграммам четвертьволнового вибратора.

В носимых радиостанциях в основном применяются штыревые антенны системы Куликова. Они представляют собой вибраторы длиной от $\lambda/4$ (и менее) до $\frac{3}{4} \lambda$, выполненные в виде гибкого штыря. Основные элементы конструкции штыревой антенны представлены на рис.10в. Антенна состоит из стального троса 1 с нанизанными на него дюралюминиевыми звеньями 2, пружины 3, системы натяжения троса и замка 4, а также резьбового соединения 5 для крепления антенны к корпусу приемопередатчика. Антенна снабжена натяжным винтом с гайкой для регулировки натяжения троса в процессе эксплуатации.

Наряду со штыревыми антеннами системы Куликова в носимых радиостанциях применяются проволочные гибкие антенны, встроенные в ремень сумки, служащей для переноски радиостанции. С такой антенной радиостанция становится более удобной в эксплуатации, однако дальность связи уменьшается примерно в два раза.

В качестве противовеса антенны в портативных и носимых радиостанциях используется масса приемопередатчика. Для повышения эффективности антенны в РН применяется противовес в виде отрезка провода длиной примерно равной длине штыревой антенны.

Автоматизированные системы управления и связь

Диаграммы направленности антенн носимых радиостанций в горизонтальной и вертикальной плоскостях, аналогичны диаграммам четвертьволнового вибратора.

Следует учитывать, что тело оператора вносит искажения в форму диаграмм направленности антенны. При работе с радиостанцией на предельных по дальности связи расстояниях необходимо помнить следующее:

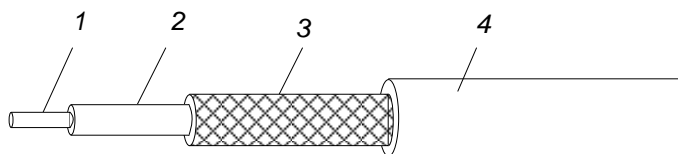
- выбор места оператора должен производиться с учетом особенностей распространения ультракоротких волн, которые, встречая на своем пути препятствия, отражаются и поглощаются ими;

- не располагаться с радиостанцией в непосредственной близости от крутых скатов, возвышенностей, насыпей, каменных и железобетонных зданий, металлических сооружений, поперечно идущих линий электропередач, линий проводной связи и т.д.;

- при ведении связи из зданий выбирать помещение с окнами, выходящими на корреспондента.

3.4.5. Фидерные устройства

Фидерная линия – это проводная линия, служащая для передачи электрических колебаний радиочастоты. По конструкции фидеры подразделяются на симметричные открытые линии из параллельных проводов; симметричные и коаксиальные кабели; волноводы и др.



1 – проводник; 2 – изолятор; 3 – металлическая оплетка; 4 – внешняя изоляция

К фидерам предъявляются следующие требования:

потери энергии высокочастотных сигналов должны быть минимальными, линии должны быть свободными от антенного эффекта, т.е. не должны излучать или принимать электромагнитные волны; линии должны обладать достаточной электрической прочностью, т.е. передавать требуемую мощность без опасности электрического пробоя.

Для УКВ радиосвязи, применяемой в пожарной охране, в качестве фидеров используются в основном коаксиальные кабели. С их помощью соединяются антенны с приемопередатчиками.

Коаксиальные кабели также как и проводные телефонные линии связи, характеризуются первичными и вторичными параметрами.

Главным условием правильного выбора антенно-фидерного устройства является согласование входного сопротивления антенны R_A с волновым

Автоматизированные системы управления и связь

сопротивлением фидерной линии ρ_ϕ . При соблюдении равенства $R_A = \rho_\phi$ вдоль фидерной линии (от передатчика к антенне) будут распространяться только падающие волны напряжения и тока, а отраженные волны будут отсутствовать. Такой режим, установившийся в антенно-фидерном устройстве, называют режимом бегущих волн. При этом в антенну будет поступать наибольшая часть вырабатываемой передатчиком мощности. Если входное сопротивление R_A не будет равно волновому сопротивлению фидерной линии ρ_ϕ , в линии часть энергии падающих волн будет отражаться от нагрузки. В этом случае в фидерной линии произойдет взаимодействие падающей волны и отраженной, в результате чего образуется стоячая волна. Полный сигнал, который устанавливается в линии, будет равен сумме отраженной и падающей волн.

ЛЕКЦИЯ №9

Тема №3 «Основы радиосвязи»

3.5. Устройство и принцип работы радиостанций и их основных узлов

3.5.1. Структурная схема радиопередающего устройства

Радиостанция состоит из передатчика, приемника, блока низких частот и блока питания.

Структурная схема радиопередатчика показана на рис.1. Переносчиком низкочастотных сигналов, заключающих в себе полезную информацию, являются высокочастотные (ВЧ) колебания, вырабатываемые задающим генератором (ЗГ) в передатчике.

Так как низкочастотные колебания, вырабатываемые микрофоном, незначительны по величине, то их предварительно усиливают в УНЧ. Затем в модуляторе происходит взаимодействие этих колебаний с ВЧ колебаниями задающего генератора, в результате чего ВЧ колебания изменяют свою амплитуду (при амплитудной модуляции), частоту (при частотной модуляции) или фазу (при фазовой модуляции). Модулированный сигнал перемножается в n -е число раз, усиливается предварительным услителем, затем услителем мощности и с помощью передающей антенны излучается в эфир.

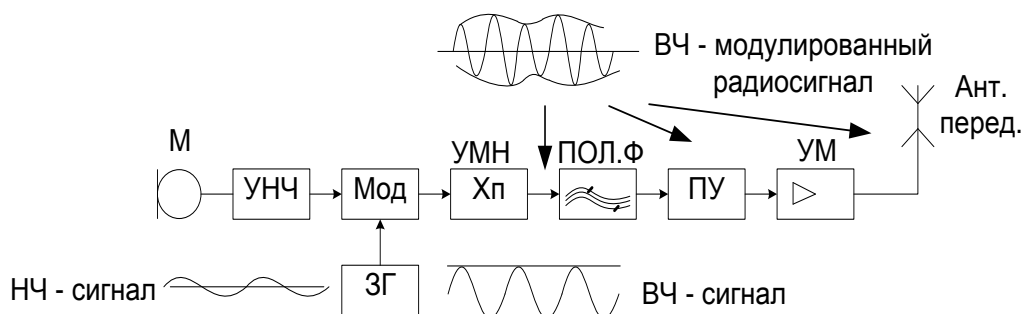


Рис. 1. Структурная схема радиопередающего устройства

Принцип действия усилителя низкой частоты

Переменный сигнал из микрофона М, через разделительный конденсатор C_1 , подается на вход транзистора VT_1 , т.е. на базу транзистора в результате чего величина сопротивления его между эмиттером и коллектором будет уменьшаться при отрицательной полуволне и увеличиваться при положительной полуволне входного сигнала на базе (см. рис.2). Соответственно этим изменениям сопротивления транзистора будет изменяться и ток, протекающий от плюса батареи, через сопротивление эмиттера R_4 , транзистор VT_1 , сопротивление R_3 , минус батареи. На сопротивлении R_3 будет выделяться переменное напряжение, получаемое за счет напряжения источника постоянного тока (Е), питающего схему радиопередатчика. Причем, полученное таким образом переменное напряжение, соответствует частоте колебаний сигнала на входе транзистора. Усиленное

Автоматизированные системы управления и связь

напряжение снимается через разделительный конденсатор C_3 для последующего использования в модуляторе.

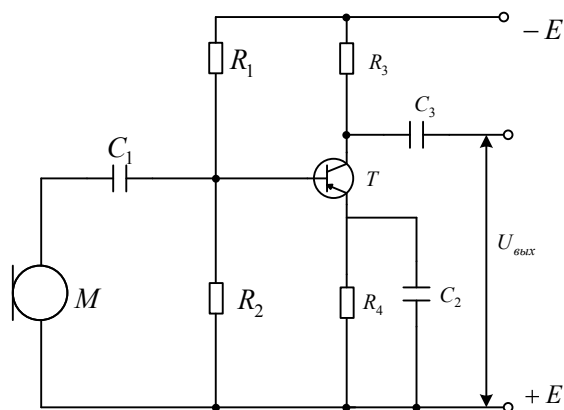


Рис. 2. Однокаскадный микрофонный усилитель звуковой частоты (УЗЧ)

Принцип действия задающего генератора передатчика

Простейший задающий генератор незатухающих колебаний состоит из транзистора, колебательного контура $L-C_2$, катушки $L_{св}$, включенной в цепь базы транзистора VT_1 и связанной индуктивно с катушкой колебательного контура L (рис. 3).

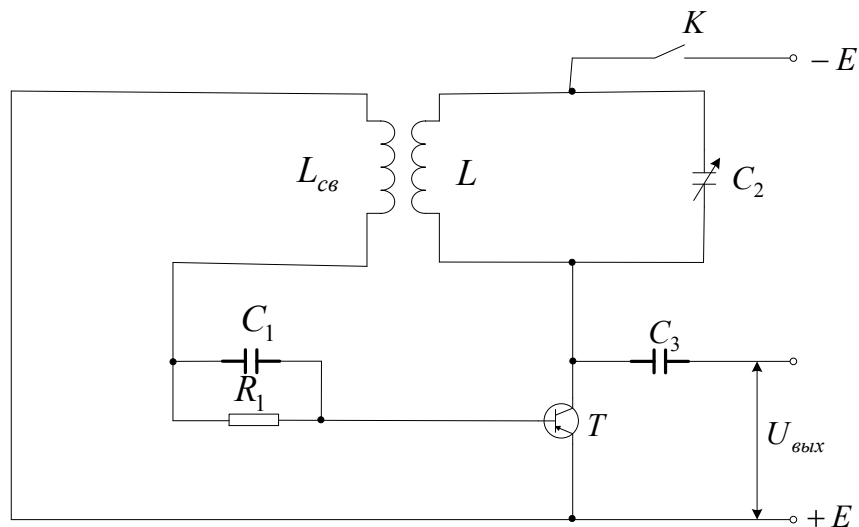


Рис. 3. Схема задающего генератора радиочастоты

Сопротивление в цепи базы R_1 служит для создания запирающего напряжения смещения на базе транзистора за счет падения напряжения на нем от прохождения постоянной составляющей тока базы.

Конденсатор C_1 предназначен для передачи переменной составляющей напряжения возбуждения. До возникновения колебаний ключом K подается питание на схему, в результате чего через транзистор протечет некоторый ток (пусть даже незначительный), по цепи: плюсовая шина, транзистор, конденсатор C_2 , минусовая шина.

Конденсатор C_2 зарядится до соответствующей величины тока. После прекращения нарастания тока через транзистор, заряд конденсатора (накопление заряда) также прекратится. Начнется разряд конденсатора на включенную

Автоматизированные системы управления и связь

параллельно ему катушку индуктивности L , которая включена таким образом, что на базу транзистора в этот момент будет подаваться плюсовое напряжение (плюс на базу и минус на эмиттер). Транзистор будет закрываться, ток через него будет уменьшаться, что способствует более форсированному завершению заряда конденсатора C_2 на катушку L . После полного разряда конденсатора, транзистор полностью закроется, ток прекратится. Магнитное поле катушки будет уменьшаться, в результате чего в катушке возникает ЭДС, вызывающая в ней ток обратного направления. Этот ток заряжает конденсатор C_2 обратной полярностью. Одновременно ток при своем нарастании будет индуцировать в катушке L ЭДС также обратной полярности, т.е. на базу транзистора будет подаваться минус, а на эмиттер плюс. По мере увеличения минусового потенциала на базе транзистор будет открываться и ток через него будет увеличиваться, содействуя форсированному заряду конденсатора C_2 . Ток через транзистор, достигнув своего максимального значения, определяемого сопротивлением перехода эмиттер-коллектора, прекратит свое увеличение, а конденсатор закончит накопление зарядов.

После этого конденсатор C_2 будет разряжаться на катушку и процесс повторится. Таким образом, возникает колебательный процесс, частота которого определяется величинами L и C_2 , т.е. частотой собственных колебаний L - C_2 – контура, представляющего собой цепь резонанса токов. Для настройки контура в резонанс применяют конденсатор C_2 переменной емкости.

Так как при настройке в резонанс LC_2 – контура (резонанс наступает при условии равенства проводимостей L и C_2 , включенных параллельно между собой), сопротивление его для переменной составляющей тока больше, то на нем происходит соответствующее этому сопротивлению падение напряжения переменной составляющей, которое снимается через разделительный конденсатор C_3 .

Генератор с самовозбуждением колебаний по существу является усилителем с глубокой обратной связью, т.е. усилителем собственных колебаний.

Модулятор передатчика

На рис. 4 показана схема амплитудного модулятора. Сопротивления R_1 , R_2 и емкость C_4 предназначены для обеспечения соответствующего режима работы каскада, как усилителя, на вход которого (клеммы 1, 2) от задающего генератора через C_1 подаются высококачественные колебания. Колебательный контур LC_3 настроен на частоты задающего генератора. На этой частоте контур обладает максимальным сопротивлением для переменной составляющей коллекторного тока, создающего соответствующее падение переменного напряжения, которое снимается с коллектора транзистора и через конденсатор C_5 подается в последующие каскады передатчика.

Автоматизированные системы управления и связь

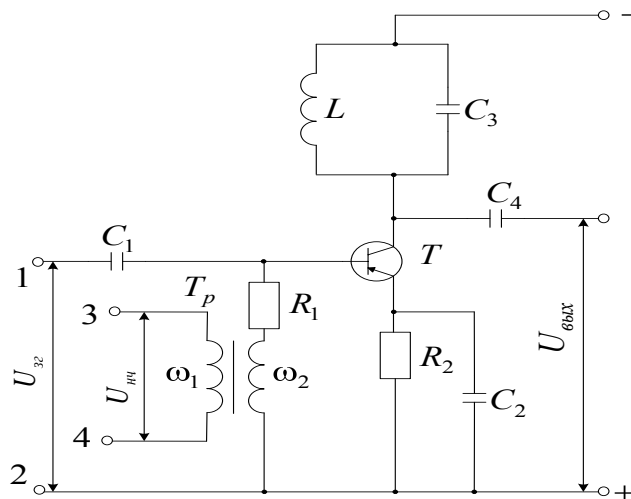


Рис.4. Схема амплитудной модуляции на усилительной ступени высокочастотных колебаний

Конденсатор C_1 служит для пропускания высокочастотных колебаний от задающего генератора. Модуляция осуществляется благодаря применению трансформатора, на первичную обмотку (W_1) которого (клеммы 3, 4) подаются низкочастотные сигналы от микрофонного усилителя, а с вторичной обмотки (W_2) снимается напряжение для управления транзистором. Отрицательные полуволны модулирующих сигналов открывают транзистор, положительные полуволны закрывают, в результате увеличивается или уменьшается усиливаемый транзистором высокочастотный ток.

На рис.5а приведена упрощенная схема частотного модулятора, состоящего из колебательного контура LC, диода VD и блокировочных конденсаторов C_1 и C_2 . Действие управляемого диода (варикапа) VD основано на изменении емкости электронно-дырочного перехода при изменении приложенного к нему напряжения. Характеристика варикапа представлена на рис. 5б. Выбор рабочей точки на характеристике производится установкой требуемого напряжения $E_{п}$ от источника питания E . Конденсаторы C_1 и C_2 являются блокировочными и обладают низким сопротивлением для токов высокой частоты, а для низкочастотного модулирующего сигнала – высоким сопротивлением.

К колебательному контуру задающего генератора LC через блокировочный конденсатор C_1 параллельно емкости контура подключается изменяемая емкость варикапа VD. Под действием звуковых колебаний внутреннее сопротивление угольного микрофона изменяется и на нем создается изменяющееся падение напряжения, которое складывается или вычитается из напряжения E . Изменения напряжения смещения на управляемом диоде вызывают изменения положения его рабочей точки на характеристике (рис.5б), что приводит к изменению емкости, приложенной параллельно к колебательному контуру. В положительный полупериод переменного напряжения, поступающего с микрофона, емкость варикапа уменьшается, а собственная частота контура, определяющего частоту задающего генератора, увеличивается в соответствии с формулой

$$f \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}},$$

Автоматизированные системы управления и связь

где L_k – индуктивность колебательного контура; $C_{ЭК}$ – эквивалентная емкость колебательного контура.

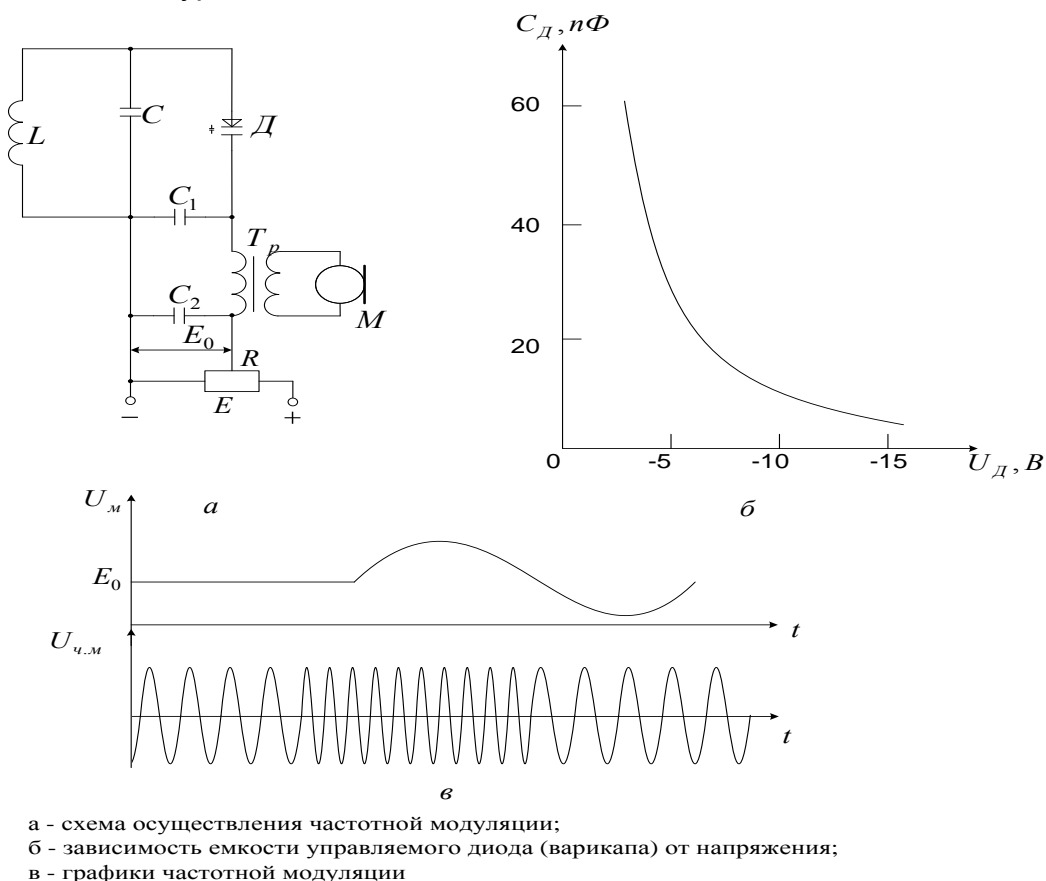


Рис. 5. Схема и графики частотной модуляции

В отрицательный полупериод напряжения управляющего сигнала емкость варикапа увеличивается, что приводит к уменьшению частоты задающего генератора. В результате происходит процесс частотной модуляции.

Как частотная, так и фазовая модуляция могут быть осуществлены в одном и том же типе модулятора при использовании соответствующих корректирующих цепей. Так, фазовая модуляция может быть получена в схеме с частотной модуляцией, если пропускать модулирующие сигналы через RC цепочка, которая дает линейное увеличение амплитуды с увеличением частоты модулирующих сигналов.

Чем выше множитель частоты передатчика, тем труднее создать задающий генератор на эту частоту. Поэтому в радиопередатчиках применяют схемы умножения частоты. Сущность умножения частоты заключается в том, что колебательный контур настраивается не на основную частоту задающего генератора (не на первую гармонику), а на вторую или третью гармонику. Тогда колебательный контур для частоты третьей гармоники будет обладать большим сопротивлением, а для других частот – малым. В этом случае на контуре будет выделяться сигнал только той частоты, на которую настроен контур, в данном случае частоту третьей гармоники. Если контур настроен на вторую гармонику, каскад называют удвоителем, если на третью – утроителем. Умножение в

Автоматизированные системы управления и связь

большее число раз в одном каскаде, как правило, не использует, так как чем выше номер гармоники, тем меньше ее амплитуда. Для умножения в большее число раз применяют несколько каскадов умножения.

На выходе передатчика стоит усилитель мощности, с которого через соответствующее согласующее устройство электрические сигналы подаются в антенну. В антенне происходит преобразование высокочастотных электрических колебаний в электромагнитные радиоволны.

ЛЕКЦИЯ №10

Тема №3 «Основы радиосвязи»

3.5.2. Структурная схема радиоприемного устройства

Изучаемые передающей антенной радиоволны, достигнув приемной антенны, наводят в ней ЭДС. Частота ЭДС равна частоте тока передающей антенны. Мощность колебаний в приемной антенне обычно ничтожно мала. Поэтому принимаемые колебания усиливаются электронными усилителями.

Основные характеристики радиоприемника

Чувствительность приемника – это способность принимать слабые радиосигналы, развивая при этом необходимую выходную мощность.

При радиотелефонном приеме амплитудно-модулированного сигнала чувствительность выражается величиной ЭДС несущей частоты на входе приемника, которая обеспечивает на выходе развитие нормальной (реализуемой) мощности (громкости звучания). Чем меньше величина указанной ЭДС на входе, тем выше чувствительность приемника.

Избирательность (селективность) приемника характеризует его способность выделять полезный сигнал из совокупности сигналов других радиостанций, работающих на частотах, близких к частоте этого сигнала. Количественно избирательностью выражают в виде отношения чувствительности приемника при некоторой расстройке относительно частоты принимаемого сигнала к чувствительности при настройке в резонанс на эту частоту.

Диапазон принимаемых частот представляет собой область частот, на которые может настраиваться приемник. При работе на любой частоте в этом диапазоне чувствительность, избирательность и другие показатели приемника не выходят за пределы норм, установленных для приемников данного класса.

Различают радиоприемники прямого усиления и супергетеродинные. Приемник прямого усиления содержит – входное устройство, усилитель высокой частоты, детектор, усилитель низкой частоты, громкоговоритель или телефон (рис.1).

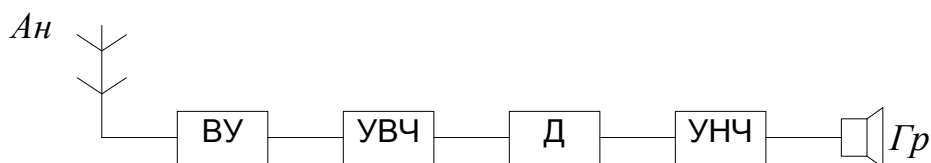


Рис. 1. Структурная схема приемника прямого усиления

В современных радиостанциях приемники прямого усиления практически не применяются. В основном используют радиоприемник супергетеродинного типа, который обладает высокими характеристиками и поэтому находит широкое применение в современных радиостанциях.

На рис.2 представлена блок-схема супергетеродинного приемника. Высокочастотный сигнал от приемной антенны поступает во входное устройство. Входным приемным устройством приемника называют электрические цепи,

Автоматизированные системы управления и связь

связывающие вход первого каскада приемника (усилителя высокой частоты) с антенной. Входное устройство должно передавать напряжение принимаемого сигнала от антенны, на вход первого каскада приемника, ослабляя при этом напряжение всех прочих сигналов другой частоты. Для этого используют колебательные контуры, настраиваемые на частоту принимаемого сигнала. Принцип работы супергетеродинного приемника основан на том, что с помощью специального устройства, называемого преобразователем частоты, спектр принимаемого сигнала смещается в область более низких (промежуточных) частот и на них осуществляется основное усиление сигнала, что позволяет обеспечить высокую чувствительность и избирательность.

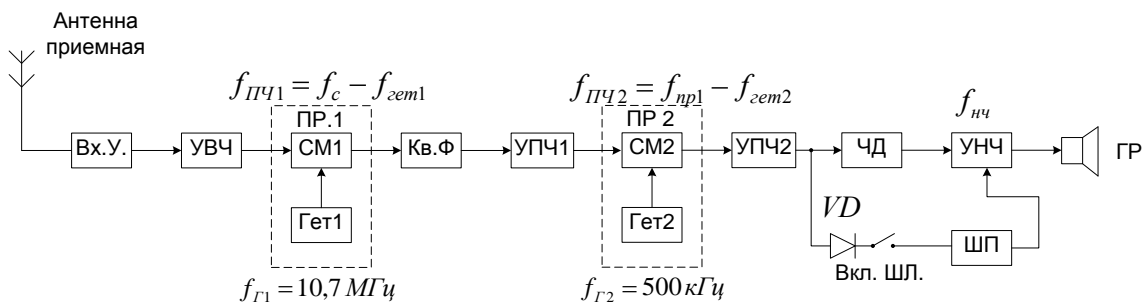


Рис.2. Структурная схема супергетеродинного приемника

Таким образом, супергетеродинный прием заключается в преобразовании принятых колебаний высокой частоты в колебания промежуточной частоты. Промежуточная частота, как правило, ниже частоты ВЧ сигналов, что облегчает построение схем усиления и дальнейшую обработку этих сигналов.

Для преобразования частоты сигнала в промежуточную частоту в приемнике используют гетеродин (маломощный генератор опорных колебаний), частота которого может быть ниже или выше частоты принимаемого сигнала. Специальный гетеродин генерирует вспомогательные колебания с частотой f_r . Последние складываются в смесителе с принимаемыми высокочастотными колебаниями. Так как частоты этих двух колебаний неодинаковы, то при сложении получаются биения с частотой, равной разности частот складываемых колебаний. Разностная частота $f_c - f_r = f_{пр}$, которая называется промежуточной частотой, образуется вследствие прохождения сигнала через нелинейный элемент. Следовательно, для получения промежуточной частоты принципиально необходимо иметь нелинейный элемент (полупроводниковый диод или транзистор, см. рис. 3.18).

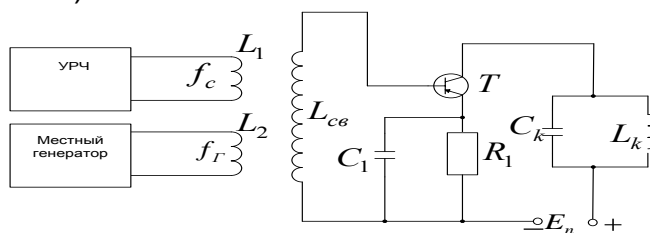


Рис.3.27. Схема преобразователя частоты

Рис. 3. Схема преобразователя частоты

Автоматизированные системы управления и связь

Ввиду нелинейности преобразователя частоты в нем получаются сложные колебания с различными составляющими, которые могут быть представлены в общем виде как

$$f_{np} = \pm(mf_c \pm nf_z)$$

где m и n – любые целые числа, а знаки «-» и «+» следует брать так, чтобы частота f_{np} была положительной.

Специфической особенностью супергетеродинного приемника является наличие зеркальных каналов приема. Зеркальный канал приема получается вследствие того, что процесс преобразования частоты происходит с одинаковой эффективностью, как для принимаемого сигнала, так и для зеркально-промежуточной частоты. Для устранения этого недостатка следует увеличить значение промежуточной частоты. Однако такое увеличение вступает в противоречие с требованиями обеспечения устойчивости, усиления и избирательности по соседнему каналу. Поэтому в радиоприемниках, используемых в пожарной охране, применяют двойное преобразование частоты. Значение первой промежуточной частоты выбирают достаточно высокое, чтобы зеркальная частота находилась вне полосы пропускания входной цепи и усилителя высокой частоты. Значение второй промежуточной частоты выбирают с учетом получения максимального усиления в последующих каскадах при большой устойчивости усилителей и хорошей избирательности по соседнему каналу.

Первый смеситель частоты – $СМ_1$ и первый гетеродин – Гет.1 образуют устройство, называемое преобразователем частоты (Пр1).

Колебания первой промежуточной частоты $f_{np1}=10,7$ МГц через кварцевый фильтр (КФ) подаются на усилитель первой промежуточной частоты (УПЧ-1), который усиливает колебания только первой промежуточной частоты. От УПЧ-1 колебания поступают на второй преобразователь Пр2, где преобразуются в колебания более низкой второй промежуточной частоты ($f_{np2}=500$ кГц). Затем они усиливаются в УПЧ-2 и подаются на частотный детектор (ЧД). Основная функция частотного детектора – выделение низкочастотной составляющей из высокочастотного модулированного сигнала.

Преобразование модулированного напряжения высокой частоты в напряжения и токи, изменяющиеся с частотой первичного модулирующего сигнала, несущего информацию, называется детектированием. Детектирование осуществляется при помощи нелинейных элементов, активное сопротивление которых зависит от напряжения.

Для осуществления процесса детектирования широкое применение нашли полупроводниковые диоды, пропускающие полуволны только одной полярности (рис. 5). В результате на выходе диода (детектора) получают несимметричный переменный (пульсирующий) модулированный ток. На рис. 4 показаны графики модулированного напряжения подводимого к детектору, и пульсирующего тока после детектора, который совершенно не пропускает (срезает) отрицательные полуволны (рис.5б).

Автоматизированные системы управления и связь

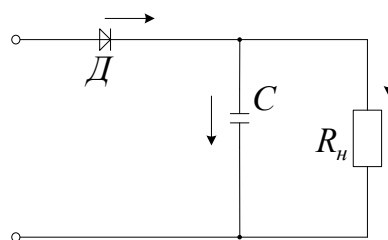


Рис. 3.28. Схема детектирования с помощью полупроводникового диода

Рис. 4

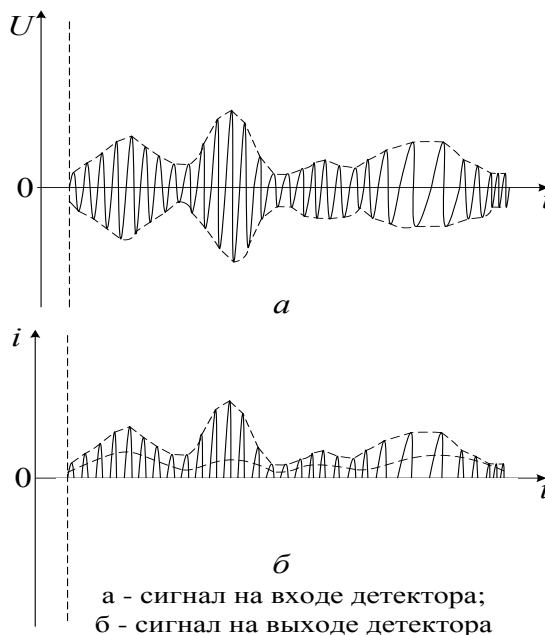


Рис. 5. Графики процесса детектирования

Ток детектора представляет собой сумму модулированного тока высокой частоты, переменного тока звуковой частоты. Сумма токов высокой частоты, переменного тока звуковой частоты. Сумма токов представляет собой электрические колебания, пульсирующие в соответствии со звуковой частотой (на рис. 5б) показаны жирной штриховой линией).

Сигнал с детектора поступает на усилитель низкой частоты-УНЧ, усиливается и воспроизводится громкоговорителем – в виде звуковых колебаний.

Устройство шумоподавителя ШП исключает прослушивание соответственных шумов приемника при отсутствии входного полезного сигнала на входе. При поступлении входного полезного сигнала достаточного уровня (выше порога срабатывания ШП) последний проходит через частотный детектор, УНЧ и громкоговоритель.

3.5.3. Тактико-технические характеристики радиостанций, применяемых в пожарной охране

Широкое применение в народном хозяйстве для организации производственной связи находят следующие КВ радиостанции. Стационарные: “Ангара-1С” (2Р20С-2), “Гроза-2” (30РТ-5-2-ОМ), “Нива-М” (62РТ-0,5-2-ОМ),

Автоматизированные системы управления и связь

“Полоса-2” (28РТ-50-2-ОМ), “Родник-2” (5РТ-300-2-ОМ); переносные: “Алмаз-М” (41РТ-5-2-ОМ), “Гроза-2П” (30ОР-5-2-ОМ-П); носимые: “Ангара-1Н” (2Р20Н-1), “Карат-М” (61РТ-0,5-2-ОМ). Указанные радиостанции используются в основном для организации связи на значительных расстояниях (от 50 до 2000 км). Часть из них может работать в телефонном и телеграфном режимах.

В пожарной охране применяются радиостанции коротковолнового (КВ) и ультракоротковолнового (УКВ) диапазонов. В табл.3.2 приведены технические характеристики ряда КВ радиостанций, которые могут быть использованы для организации радиосвязи в пожарной охране и в системе МЧС в целом.

Для сокращения обозначения типов радиостанций введены условные обозначения, в которых указываются регистрационный номер; сокращенная запись телефонной радиостанции; верхняя граница выходной мощности диапазонов (300; 50; 5; 0,5); класс радиостанции (1 и 2); вид модуляции (ОМ); шифр станции. Так, запись 30РТ-5-2-ОМ (“Гроза-2”) означает: радиотелефонная радиостанция РТ, имеющая регистрационный номер 30; выходная мощность излучения передатчика 5 Вт; 2-го класса с однополосной модуляцией; шифр “Гроза-2”.

Система УКВ радиосвязи “Виола” является симплексной многоканальной системой, обеспечивающей связь на любом из 40 каналов в полосе частот 1 МГц в диапазонах 148-149 или 172-173 МГц. Она позволяет организовать взаимодействие и абонентов нескольких радиосетей, полуавтоматическое сопряжение абонентов АТС с радиоабонентами по инициативе любого из них. В систему входят:

1. Центральное оборудование “Виола-Ц”: 40-канальный приемопередатчик; одноканальное приемное оборудование (комплект из двух приемников).

2. Аппаратура циркулярной связи (АПРС).

3. Комплект абонентских радиостанций “Виола-А”: автомобильная радиостанция “Виола-АА”; мотоциклетная радиостанция “Виола-АМ”; радиостанция с питанием от сети 220 В “Виола-АС”; радиостанция для установки на автомобилях пожарной охраны “Виола-АП”; специальная автомобильная радиостанция “Виола-АО”; абонентская радиостанция с дистанционным управлением по телефонной паре “Струна”.

4. Носимые радиостанции “Виола-Н”.

5. Аппаратура ретрансляции “Виола-Л”.

Приемопередатчик 40-канальный (ПРМ/ПРД-40) центрального оборудования “Виола-Ц” может быть использован для организации двухсторонней симплексной УКВ радиосвязи ЦУС со стационарными и подвижными абонентами.

В состав приемопередатчика ПРМ/ПРД-40 входят: пульт управления (ПУ); приемник 40-канальный; передатчик 40-канальный; антенно-фидерные устройства. Приемник и передатчик могут быть установлены как отдельно, так и совместно; при совместной установке обеспечивается возможность работы на одну антенну. Управление приемником и передатчиком осуществляется с ПУ по двухпроводным линиям связи с сопротивлением шлейфа до 3 кОм (протяженностью до 10 км). Приемопередатчик ПРМ/ПРД обеспечивает следующие технические возможности:

Автоматизированные системы управления и связь

- дистанционное управление и переключение на любой из 40 частотных каналов;
 - формирование и передачу любого из 100 сигналов индивидуального вызова двухчастотным последовательным кодом;
 - формирование и передачу сигналов циркулярного вызова A_1 и A_2 (A_1 - для вызова центральных радиостанций; A_2 - абонентских и носимых радиостанций);
 - прием циркулярного вызова A_1 ;
 - передачу и прием речевых сигналов;
 - переключение радиостанции из режима “Дежурный прием” в режим “Прием” и обратно;
 - автоматический переход радиостанции на время 7-12 с из режима “Дежурный прием” в режим “Прием” после принятия тонального вызова и возвращение по истечении указанного времени и исходный режим;
 - полуавтоматическое сопряжение радиоабонента с абонентом АТС и контроль сопряжения;
 - автоматическое отключение режима сопряжения радиоабонента с абонентом АТС после того, как абонент АТС закончит разговор.

Основные технические данные приемопередатчика радиостанции “Виола”

Диапазон рабочих частот, МГц:	148-149 - диапазон А или 172-173 - диапазон Б
Режим работы.....	Симплексный
Количество каналов.....	40
Выходная мощность излучения передатчика (переключение неоперативное)	
Вт, не менее.....	30 и 10
Коэффициент нелинейных искажений приемного и передающего трактов, % не более.....	10
Чувствительность приемника при отношении сигнал-шум 12 дБ (СИНАД) не более, мкВ.....	1,2
Количество тональных посылок индивидуального вызова, на каждом частотном канале.....	100
Сопrotивление шлейфа соединительных линий дистанционного управления (протяженностью до 10 км).....	до 3 кОм
Разнос частот между соседними каналами, кГц.....	25
Источник питания основной.....	220 В+10%
Источник питания резервный (переход автоматический при пропадании сети переменного тока).....	24 В+10%
Класс разборчивости по ГОСТ 16600-72.....	Второй

ЛЕКЦИЯ №11

Тема №4 «Организация связи в пожарной охране»

4.1. Структурная схема оперативной связи гарнизона пожарной охраны

В соответствии с Наставлением по службе связи пожарной охраны МВД РФ (приказ № 700 МВД РФ от 30.06.2000г.) связь является основным средством управления частями и подразделениями государственной противопожарной службы (ГПС). Она организуется начальником управления ГПС или отдела ГПС.

Служба связи представляет собой совокупность подразделений и должностных лиц, технических средств и организационных мероприятий для управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны.

Руководство службой связи возлагается на начальника связи гарнизона. Он разрабатывает схему связи, отвечает за техническое состояние и работоспособность аппаратуры, оформляет радиоданные и руководит работой мастерских и подчиненных ему специалистов связи.

Основными задачами службы связи являются:

- оперативный и точный прием извещений о пожарах;
- своевременный вызов необходимых сил и средств для ликвидации пожаров;
- управление подразделениями, выехавшими на пожар и работающими на пожаре;
- обмен информацией между подразделениями пожарной охраны, а также с другими взаимодействующими службами;
- информирование соответствующих должностных лиц о ходе тушения пожара.

Связь пожарной охраны по назначению подразделяется на следующие виды:

- связь извещения, обеспечивающая прием сообщений о пожарах;
- оперативно-диспетчерская связь, обеспечивающая передачу распоряжений для высылки подразделений и передачу информации о пожаре службам взаимодействия города;
- связь на пожаре, предназначенная для управления всеми подразделениями, работающими на пожаре, их взаимодействия и передачи информации с места пожара;
- административно-управленческая связь, включающая все виды связи, не задействованные непосредственно в решении оперативно-тактических задач пожарной охраны.

Структура связи гарнизона – это упорядоченная совокупность различных видов радио- и проводной связи, обеспечивающая обмен текущей информацией между подразделениями пожарной охраны, а также внешними абонентами города с целью управления силами и средствами тушения пожаров.

Автоматизированные системы управления и связь

На рис.1 приведена в общем виде структурная схема оперативной связи гарнизона пожарной охраны, включающая в себя все составные части. Она отображает топологию и степень разветвленности сети связи в городе (населенном пункте), а также виды линий и каналов связи.

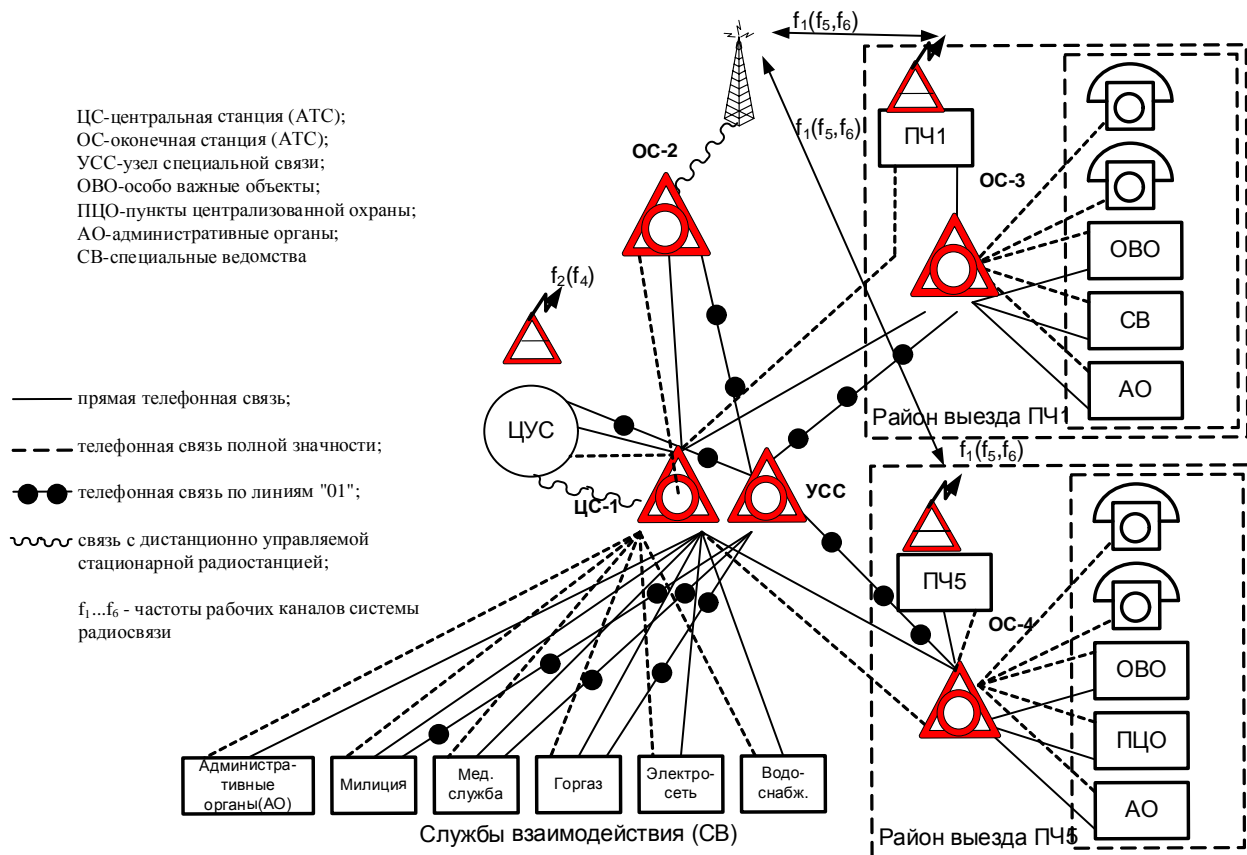


Рис.4.9. Схема организации системы оперативной связи гарнизона пожарной охраны

Из схемы структуры видно, что центр управления силами и средствами (ЦУС) гарнизона пожарной охраны имеет достаточно разветвленную сеть линий и каналов связи, основные из которых обеспечивают круглосуточную связь с пожарными частями (ПЧ), специальными службами города (ССГ) (горгаз, милиция, скорая помощь, электросеть, водоканал и др.), административными органами (АО) и особо важными объектами (ОВО).

При этом с целью повышения оперативной устойчивости или живучести связи применяют несколько дублирующих друг друга различных каналов связи. Так сеть линий связи ЦУС с ПЧ включает в себя прямые линии, линии ГАТС полной и укороченной значности (01) и, наконец, радиопередачи.

Связь ЦУС с ОВО осуществляется по специальным прямым линиям, линиям ГАТС полной и укороченной значности и по высокочастотным каналам уплотнения. Высокочастотные каналы, как правило, служат для передачи дискретных сигналов, в частности, от датчиков контроля автотранспорта в депо пожарных частей, а также от пожарных извещателей, установленных на охраняемых объектах. При наличии в городе совмещенных систем охранно-пожарной сигнализации ЦУС и ПЧ имеют связь по прямым охранно-пожарной

Автоматизированные системы управления и связь

сигнализации ЦУС и ПЧ имеют связь по прямым линиям и по линиям ГАТС с пунктами централизованной охраны (ПЦО).

4.2. Основные характеристики функционирования сетей связи пожарной охраны

Оперативная устойчивость (живучесть) структуры связи – это способность обеспечивать своевременную и надежную связь со всеми абонентами, как в период нормальной повседневной жизнедеятельности гарнизонов, так и в период сложной оперативности обстановки, в экстремальных условиях.

Оперативность связи характеризуется вероятностью того, что сообщение может быть передано требуемому абоненту в течение времени не более ранее заданного. А ранее заданное время устанавливается исходя из скорости старения информации в конкретных условиях, которая определяет эффективность оперативной деятельности ГПО.

Как видно из рис.1, между ЦУС и практически всеми группами абонентов имеется несколько различных линий связи. В частности, между ЦУС и ПЧ имеются прямые проводные линии связи, линии полной и укороченной значности (линии «01») и радиолинии. Таким образом, упрощенно можно считать, что между ЦУС и ПЧ имеется трехкратное резервирование линий связи, обеспечивающее достаточно высокую устойчивость структуры. При выходе из строя одной линии связи информация будет передаваться по одной из двух оставшихся линий.

Устойчивость одного канала связи без учета резервных может быть рассчитана по формуле:

$$P_{1c} = e^{-\lambda_{1n}t}$$

где λ_{1n} - интенсивность повреждения основного канала связи;

t - текущее время, в течение которого определяется устойчивость канала связи.

Устойчивость двух каналов связи – одного основного и одного резервного определяется как

$$P_{2c} = e^{-\lambda_{1n}t} + \frac{\lambda_{1n}}{\lambda_{2n} - \lambda_{1n}} (e^{-\lambda_{1n}t} - e^{-\lambda_{2n}t})$$

где λ_{2n} - интенсивность повреждения резервного канала связи.

Эффективность функционирования сети связи представляет собой математическое ожидание случайной величины ее состояния и является показателем целесообразности использования сети связи для выполнения заданных функций. В общем виде эффективность функционирования сети связи – E рассчитывается по формуле

$$E = \sum_{i=1}^n P_i \frac{T_{ni}}{T_{ni} + T_{ni}}$$

Если надежность и качество канала связи идеальны, то

$$E = P_0 + P_1 + (1 - P_0 - P_1),$$

Автоматизированные системы управления и связь

где P_0 – вероятность того, что канал связи свободен и ожидающих нет;

P_1 – вероятность того, что канал связи занят, но ожидающих нет, то величины:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^N \frac{N!}{(N-K)!} (\lambda T_n)^k}; \quad P_1 = \frac{N \cdot \lambda \cdot T_n}{\sum_{k=0}^N \frac{N!}{(N-K)!} (\lambda T_n)^k},$$

k – последовательность целочисленного ряда
 $k=0, 1, 2, \dots, N$;

$$T_n = \frac{\sum_{k=2}^N \frac{(K-1)N!}{(N-K)!} (\lambda T_n)^k}{\sum_{k=0}^N \frac{N!}{(N-K)!} (\lambda T_n)^k}$$

T_n – непроизводительные затраты времени.

Оперативность связи – это вероятность того, что информация от отправителя будет передана в течение времени не более ранее заданного, т.е.

$$Q = P \left(k_n + T_n \leq T_Q \right),$$

где T_Q – критерий оперативности связи или заданная величина времени, определяющая оперативность связи.

Если надежность и качество канала связи идеальны, то $Q=P_0 + P_1$.

$$Q = \frac{1 + N\lambda T_n}{\sum_{k=0}^N \frac{N!}{(N-K)!} (\lambda T_n)^{+k}}$$

На рис. 2 – 4 приведены зависимости E и Q от числа радиостанций в сети связи при различных значениях интенсивности вызовов – и нагрузки - . С помощью представленных зависимостей можно определить число радиостанций, которое должно работать в радиосети при заданных значениях E и Q , а также оптимальное число радиосетей, которое может функционировать в оном гарнизоне пожарной охраны.

Автоматизированные системы управления и связь

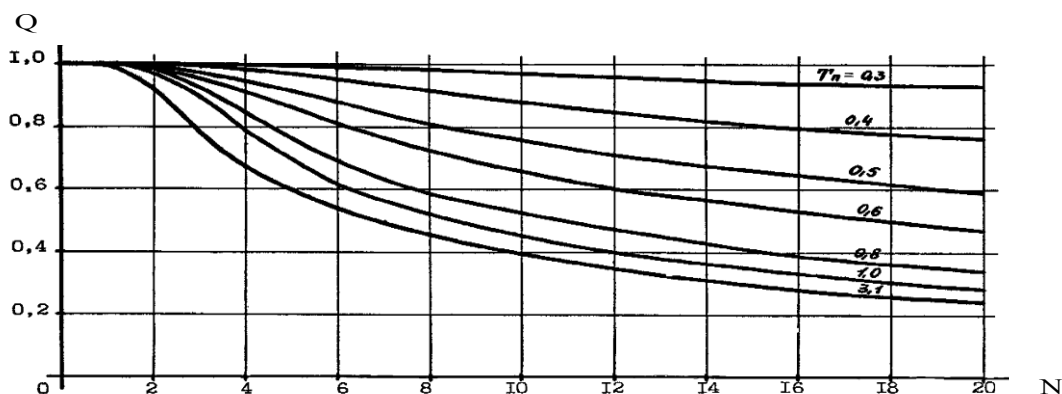


Рис.2. Зависимость оперативности Q связи от числа абонентов N при различных значениях средней продолжительности переговоров T_n для интенсивности входного потока вызова $\lambda = 0.5$ выз./мин.

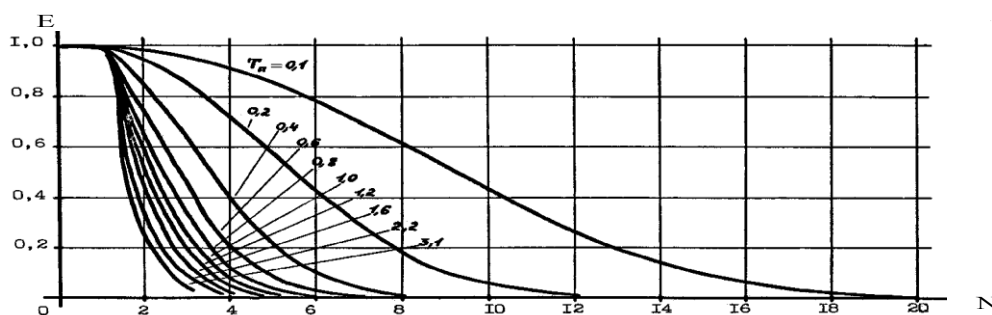


Рис.3. Зависимость эффективности функционирования сети связи E от числа абонентов N при различных значениях средней продолжительности переговоров T_n для интенсивности входного потока вызова $\lambda = 1.0$ выз./мин.

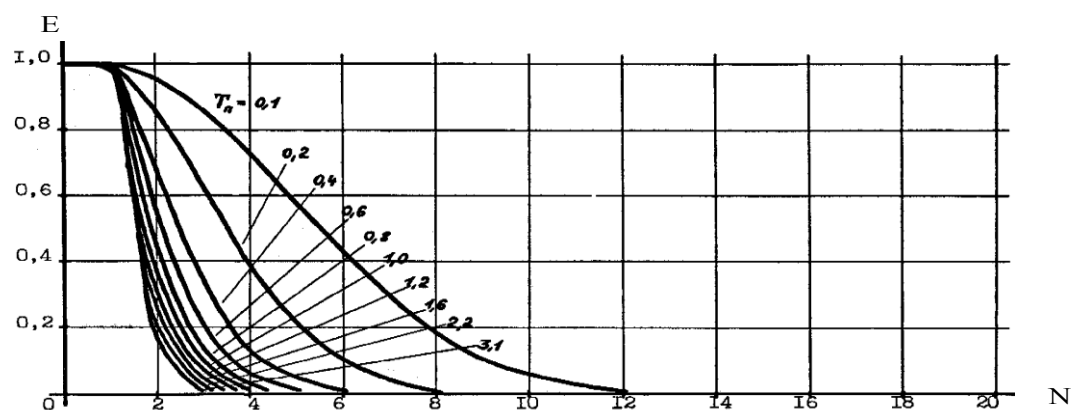


Рис.4. Зависимость эффективности функционирования сети связи E от числа абонентов N при различных значениях средней продолжительности переговоров T_n для интенсивности входного потока вызова $\lambda = 2.0$ выз./мин.

4.3. Организация связи на пожаре

Связь на пожаре организуется для четкого управления пожарными подразделениями на месте пожара, обеспечения их взаимодействия и своевременной передачи информации с места пожара на ЦУС или в ПЧ.

Между руководителем тушения пожара (РТП), начальником штаба (НШ), начальником тыла (НТ), боевыми участками и отдельными подразделениями, работающими на пожаре, устанавливается **связь управления**, осуществляемая при помощи автомобильных и носимых радиостанций, а также полевых телефонных аппаратов, сигнально-переговорных, а также полевых телефонных аппаратов, сигнально-переговорных устройств, громкоговорящих установок, мегафонов и связных.

Между начальниками боевых участков (НБУ) и подразделениями, работающими на пожаре, устанавливается **связь взаимодействия**, осуществляемая при помощи радиостанций, полевых телефонных аппаратов сигнально-переговорных устройств и связных.

Между РТП (оперативным штабом пожаротушения) и ЦУС или ПСО (ПСЧ) устанавливается **связь информации**. Для связи информации могут быть использованы телефоны городской или объектовой сети, и радиостанции, установленные на автомобиле связи, пожарных, штабных и оперативных автомобилях.

При работе штаба пожаротушения, как правило, на пожар выезжает автомобиль связи (АС) или связи и освещения (АСО) с отделением связи. Автомобиль связи доставляет к месту пожара личный состав, радиооборудование, телефонное оборудование и пожарно-техническое вооружение. Отделение связи устанавливает и поддерживает с помощью радиостанций связь с ЦПР и ЦУС, подключает телефонную аппаратуру к ГТС, поддерживает связь с боевыми участками, обеспечивает работу всех средств связи, устанавливает громкоговорители, обеспечивает связь тыла со штабом.

К месту пожара на АСО доставляются носимые радиостанции. АСО оборудуется звукоусилительной установкой, антенным устройством, громкоговорителями мощностью 10-50 Вт, электромегафонами, выносными микрофонами.

В состав оборудования АСО входят: телефонный коммутатор, микротелефонные трубки, телефонные аппараты АТС, полевые телефоны, катушки с телефонным кабелем и пр. На АСО устанавливается щит питания аппаратуры, генератор с проекторами и другое вспомогательное оборудование.

Штаб пожаротушения размещается обычно в АСО либо в штабном автомобиле или же в удобном для обзора открытом месте. Исходя из имеющихся в распоряжении гарнизонов пожарной охраны средств связи возможны два варианта расстановки средств связи: проводной связи и радиосвязи, а также совместное их применение.

Проводная связь более надежная, но требует значительных усилий личного состава и времени для ее развертывания. Радиосвязь во многом зависит от места расположения радиостанции и особенностей распространения УКВ.

Автоматизированные системы управления и связь

Проводная связь осуществляется по схеме, приведенной на рис.5. Связь информации по этой схеме ведется с помощью телефона городской или объективной телефонной сети. Связь управления обеспечивается с помощью коммутатора, установленного в АСО. Для этого на месте пожара устанавливаются телефонные аппараты, подключаемые к коммутатору. Местной связью должны быть охвачены все участки тушения пожара.

Для связи управления могут быть применены громкоговорящие установки, которыми оборудованы АС и АСО. Для этого в штабе устанавливаются выносные микрофоны, а также используются громкоговорители, размещенные на крыше автомобиля и на боевых участках. Устанавливают громкоговорители в местах, где работают подразделения.

Связь взаимодействия между боевыми участками и отдельными подразделениями ведется с помощью телефонных аппаратов, соединяемых между собой через коммутатор АСО. При размещении отдельных подразделений на удаленных участках для связи взаимодействия применяются полевые телефонные аппараты, включенные в самостоятельную линию связи, а также электромегафоны.

Радиосвязь на месте пожара при работе штаба пожаротушения осуществляется с помощью возимых (2) и носимых радиостанций-1 (см. рис.5). Связь информации со штабом ведется с помощью мобильной радиостанции-3, установленной на штабном автомобиле, и стационарной радиостанции-3, размещенной на ЦУС.

Для связи управления используются носимые радиостанции-1, которыми оснащаются РТП, НШ, НТ, НБУ, начальники групп разведки, отдельные подразделения.

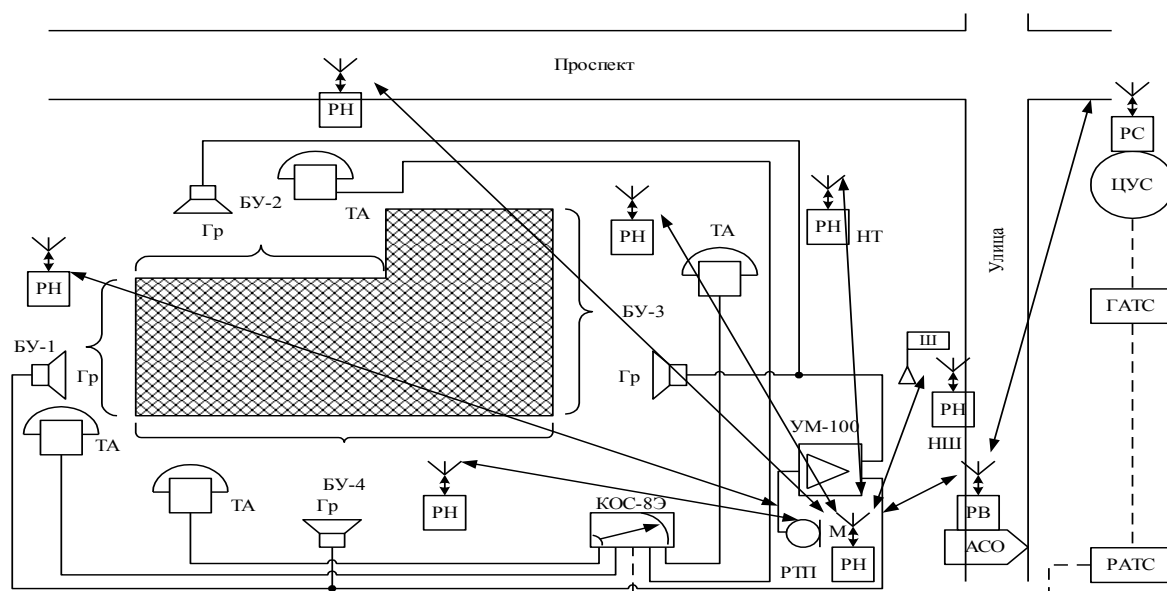


Рис.5. Схема организации связи на месте пожара

В состав оборудования АСО входят: телефонный коммутатор, микротелефонные трубки, телефонные аппараты АТС, полевые телефоны,

Автоматизированные системы управления и связь

катушки с телефонным кабелем и пр. На АСО устанавливается щит питания аппаратуры, генератор с проекторами и другое вспомогательное оборудование.

Штаб пожаротушения размещается обычно в АСО либо в штабном автомобиле или же в удобном для обзора открытом месте. Исходя из имеющихся в распоряжении гарнизонов пожарной охраны средств связи возможны два варианта расстановки средств связи: проводной связи и радиосвязи, а также совместное их применение.

Проводная связь более надежная, но требует значительных усилий личного состава и времени для ее развертывания. Радиосвязь во многом зависит от места расположения радиостанции и особенностей распространения УКВ.

Проводная связь осуществляется по схеме, приведенной на рис.5. Связь информации по этой схеме ведется с помощью телефона городской или телефонной сети. Связь управления обеспечивается с помощью коммутатора, установленного в АСО. Для этого на месте пожара устанавливаются телефонные аппараты, подключаемые к коммутатору. Местной связью должны быть охвачены все боевые участки тушения пожара.

Для связи управления могут быть применены громкоговорящие установки, которыми оборудованы АС и АСО. Для этого в штабе устанавливаются выносные микрофоны, а также используются громкоговорители, размещенные на крыше автомобиля и на боевых участках. Устанавливают громкоговорители в местах, где работают подразделения.

Связь взаимодействия между боевыми участками и отдельными подразделениями ведется с помощью телефонных аппаратов, соединяемых между собой через коммутатор АСО. При размещении отдельных подразделений на удаленных участках для связи взаимодействия применяются полевые телефонные аппараты, включенные в самостоятельную линию связи, а также электромегафоны.

Радиосвязь на месте пожара при работе штаба пожаротушения осуществляется с помощью возимых (2) и носимых радиостанций-1 (см. рис.5). Связь информации со штабом ведется с помощью мобильной радиостанции-3, установленной на штабном автомобиле, и стационарной радиостанции-3, размещенной на ЦУС.

Для связи управления используются носимые радиостанции-1, которыми оснащаются РТП, НШ, НТ, НБУ, начальники групп разведки, отдельные подразделения.

ЛЕКЦИЯ №12

Тема №4 «Организация связи в пожарной охране»

4.4. ПЛАНИРОВАНИЕ СЕТЕЙ РАДИОСВЯЗИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАДИОСРЕДСТВ

4.4.1. Организация планирования радиосетей

Проблема обеспечения устойчивости радиосвязи, на территории гарнизона пожарной охраны имеет большое практическое значение для нормального функционирования гарнизона в целом и обеспечения взаимодействия между подразделениями пожарной охраны.

В соответствии с Наставлением по службе связи ГПС МВД РФ (приказ МВД РФ № 700 от 30.06.2000 г.):

Радиосвязь гарнизона включает в себя радиосети и радионаправления, совокупность которых образует общую сеть радиосвязи.

Радиосеть образуется в том случае, когда на одном частотном канале работают три и более радиостанции с общими радиоданными.

Достоинством организации радиосети является эффективное использование радиоканала и возможность циркулярной передачи сообщений всем радиостанциям радиосети. (Недостаток - при ведении переговоров между большим количеством абонентов снижается оперативность).

Радионаправление образуется при работе на одном частотном канале только двух радиостанций с общими радиоданными.

Достоинство радионаправления – высокая оперативность радиосвязи, пропускная способность при радиообмене и устойчивость связи.

Недостаток – неэффективное использование радиоканала и потребность большого числа рабочих частот при организации нескольких радионаправлений.

Общие радиоданные – частота, позывные, время выхода в эфир.

Частота – все радиостанции (если это радиосеть) либо две радиостанции в радионаправлении должны быть настроены на одну частоту, **позывные**, чтобы обратиться к нужному абоненту необходимо его идентифицировать (Разработкой схемы радиосвязи и назначением позывных занимается, начальник связи гарнизона, а утверждает Начальник ГУ ГОЧС гарнизона.) **Время выхода в эфир**.....

Самым простым примером из жизни который характеризует время выхода в эфир можно наблюдать когда происходит телевидение...

Следует отметить, что в каждой радиосети и радионаправлении одна из радиостанций является главной. Она определяется приказом Начальник ГУГОЧС и следит за правилом радиообмена. (т.е. не допускаются радиопереговоры

Автоматизированные системы управления и связь

частного характера; проверка радиосвязи (ПРАКТИКА) ЦУС вызывает на связь отдельные части гарнизона опрос о готовности).

С учетом существующей организационной структуры, характера выполняемых задач и необходимости взаимодействия подразделений ГПС как между собой, так и со службами других министерств и ведомств при тушении пожаров, проведении мероприятий специального характера на основании «Наставления по службе связи Государственной противопожарной службы МВД Российской Федерации» в территориальных гарнизонах ГПС необходимо развертывание следующих радиосетей:

F1 (плюс F2 - резерв), для обеспечения связи центра управления силами и средствами (ЦУС) с пунктами связи частей (ПСЧ), отрядов (ПСО) и пожарных постов (ПП).

F3, для обеспечения связи ЦУС с пожарными автомобилями, автомобилями связи и освещения (связи) и оперативными автомобилями, находящимися в пути следования и работающими на пожаре.

F4, для управления силами и средствами, обеспечения их взаимодействия и обмена информацией на месте тушения пожара.

F5, для обмена данными между ЦУС и ПСЧ, а также подразделениями, работающими на пожарах

F6, для персонального вызова личного состава подразделений и органов управления ГПС, находящегося на отдыхе, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций.

F7, для обеспечения административно-управленческой деятельности ГПС.

F8, радиочастота для организации взаимодействия с подразделениями милиции, скорой медицинской помощи и другими аварийными службами по планам совместных действий.

Схема радиосвязи гарнизона пожарной охраны строится с учетом используемой радиоаппаратуры, условий прохождения радиосигналов, наличия помех радиоприему и расстояний между радиостанциями. При наличии нескольких радиосетей или радионаправлений радиосредства объединяются в самостоятельные пункты радиосвязи, которые называются центральными пунктами радиосвязи (ЦПР).

Однако основная задача планирования сетей радиосвязи, работающих в ограниченных территориальных районах, заключается в такой расстановке стационарных радиостанций этих сетей и распределение рабочих частот между ними, чтобы полностью исключить или свести до минимума возникновение взаимных помех.

4.4.2. Вопросы ЭМС при планировании сетей связи пожарной охраны

Обеспечение совместной, одновременной и независимой работы радиосредств составляет достаточно сложную проблему, которая получила название электромагнитной совместимости (ЭМС).

Автоматизированные системы управления и связь

ЭМС радиоэлектронных средств (РЭС) – это свойство радиосредств работать без ухудшения функции из-за непреднамеренных помех от радиосредств и других электрических источников и не создавать помехи недопустимого уровня другим средствам радиосвязи.

Главной причиной возникновения взаимных помех является воздействие на вход приемника одного или нескольких мешающих сигналов более высокого уровня, чем допустимого для нормальной его работы.

Под мешающим влиянием – в первую очередь понимается влияние передатчика 1-ой или нескольких радиостанций на приемник другой радиостанции.

При организации радиосетей различают два основных вида помех: помехи за счет блокирования или подавления полезного сигнала мешающим, большего уровня, и интермодуляционные помехи.

В первом случае мешающее влияние происходит за счет блокирования (подавления) полезного сигнала - мешающим, имеющим больший уровень:

(При воздействии на приемное устройство большого уровня мешающего сигнала на частоте соседнего канала может проявиться эффект блокирования полезного сигнала мешающим, который оценивается двухсигнальной избирательностью приемника по соседнему каналу. Увеличение параметра двухсигнальной избирательности позволяет уменьшить пространственный разнос двух мешающих радиостанций, не нарушая при этом их нормальной работы.)

Во втором случае и наиболее часто встречающемся в реальных условиях при функционировании радиосетей на вход приемника помимо полезного сигнала могут воздействовать два и более мешающих сигналов, работающих в неосновных каналах приема и проявляющихся как мешающий сигнал в основном канале. Такие помехи относятся к помехам взаимной модуляции (интермодуляции).

Количество и расположение различных типов составляющих интермодуляции поддается математическому расчету.

Из всех составляющих интермодуляции наибольшую опасность представляют собой составляющие третьего порядка, которые образуются при взаимодействии двух мешающих сигналов (помех) с частотами f_{n1} и f_{n2} в результате чего появляются сигналы, совпадающие с частотой настройки приемника, т.е.

$$f_c = 2f_{n1} - f_{n2} \text{ и } f_c = 2f_{n2} - f_{n1}$$

где f_c - частота полезного сигнала;

f_{n2} , f_{n1} - частоты мешающих сигналов (помех).

Пример:

$$f_1 = 148,000 \text{ МГц}$$

$$f_2 = 148,025 \text{ МГц}$$

$$f_3 = 148,050 \text{ МГц}$$

$$f_n = 2 \cdot 148,025 - 148,050 = 148,000 \text{ МГц}$$

Автоматизированные системы управления и связь

f_2 и f_3 забьют f_1 .

Номера интермодуляционно совместных рабочих каналов сведены в табл. 1.

Таблица 1

Количество радиосов-местимых каналов	Номера рабочих каналов
3	1.2.4
4	1.2.5.7
5	1.2.5.10.12
6	1.2.5.11.13.18

При планировании сетей радиосвязи пожарной охраны, работающих на ограниченной территории, где существует опасность возникновения взаимных помех, следует стремиться к уменьшению до минимума вероятности возникновения мешающих влияний путем:

- уменьшения мощности передатчиков и высот установки их антенн, (а также использованием направленных антенн, обладающих избирательными свойствами по направлению);
- правильного выбора номеров интермодуляционно совместимых каналов;
- проведения организационных мероприятий по сокращению времени работы передатчиков во всех сетях; передачи всех несрочных сообщений за пределами времени наибольшей занятости сетей; установление рационального графика работы радиосетей и т.д.

ЛЕКЦИЯ №13

Тема №4 «Организация связи в пожарной охране»

4.4.3. Расчет ЭМС 2-х близко расположенных радиостанций

(в пределах крыши служебного здания)

При проведении практического выбора рабочих частот радиостанций в случае установки 2-х стационарных антенн на крыше одного служебного здания (ЦУС или ЦПР) (рис. 1) допустимый уровень мешающего сигнала определяется в основном выходным уровнем сигнала от передатчика мешающей радиостанции (148 дБ) и затуханием электромагнитного поля между антеннами (см. табл.1 и рис.2) B_A , дБ.

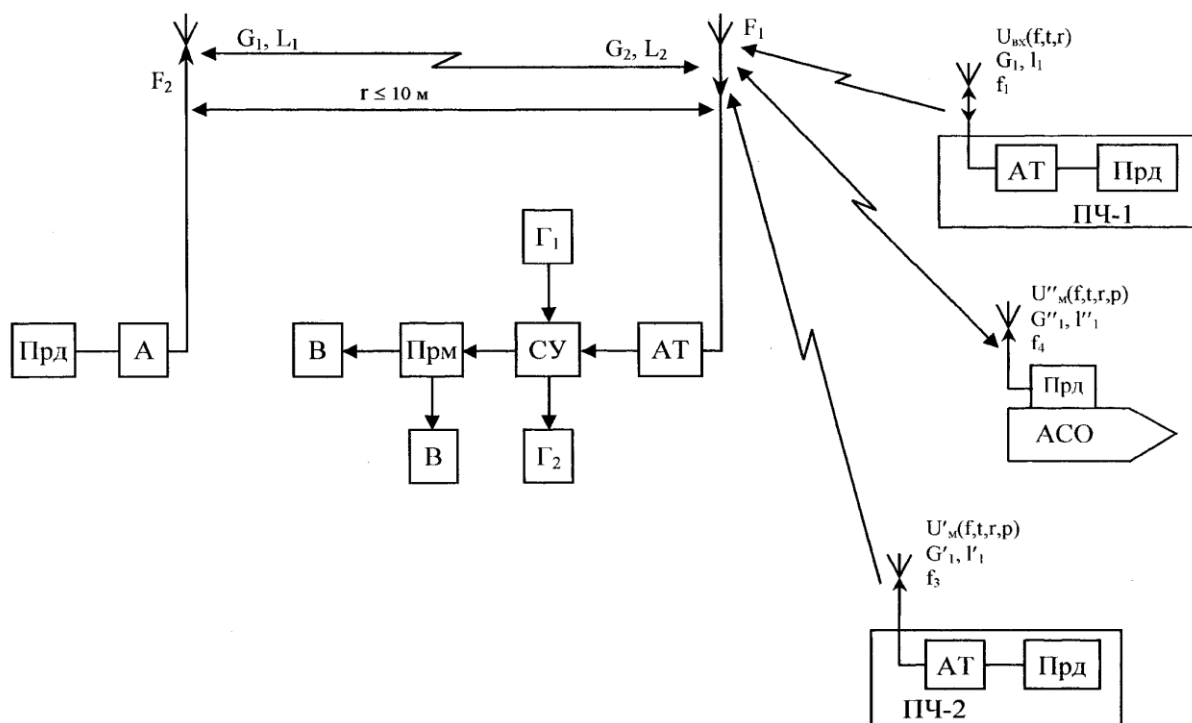


Рис. 1. Установка 2-х стационарных антенн на крыше одного служебного здания

Допустимый уровень мешающего сигнала от близко расположенного передатчика определяется по следующей формуле

$$\Delta E_{m.дон} = 148 - \beta_1 l_1 + G_1 - \beta_2 l_2 + G_2 - B_A, \text{ дБ}$$

где

148 – мощность мешающего передатчика, выраженная в дБ;

$\beta_1 l_1, \beta_2 l_2$ - затухание антенно-фидерного тракта передатчика и приемника соответственно;

G_1, G_2 - коэффициент усиления антенн передатчика и приемника (1,5 дБ).

Автоматизированные системы управления и связь

V_A – величина переходного затухания между 2-я близко расположенными антеннами.

Таблица 1

Величина переходного затухания между близко расположенными радиостанциями

г	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
, М										7
В	1	2	2	3	3	3	3	3	4	4
А, дБ	8	4	8	1	4	7	8	9	0	1

Эта зависимость также представлена на рис.2. Кривая 1 характеризует величину переходного затухания V_A между антеннами, расположенными параллельно на одном горизонтальном уровне, а кривая 2 при смещении антенн в вертикальной плоскости на расстояние 1 м.

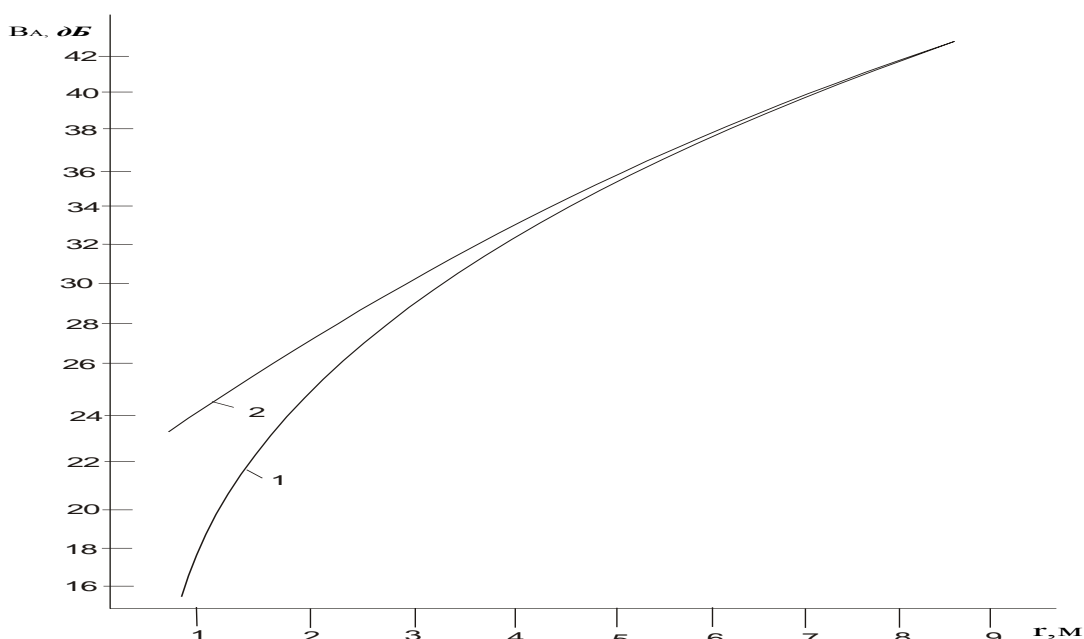


Рис.2. Допустимый уровень мешающего сигнала от близко расположенного передатчика

Частотный разнос рабочих каналов, радиостанций м.б. определен по следующей эмпирической формуле:

$$|f_1 - f_m| = \frac{E_{м.доп} - 63 - E_{мин}}{K}, \text{ кГц}$$

где $|f_1 - f_m|$ - разнос частот между рабочим и мешающим каналами двух радиостанций, кГц;

68 дБ – уровень выходной мощности излучения передатчика, выраженный в дБ;

$E_{мин}$ – минимальная величина полезного сигнала, $E_{мин}=20$ дБ;

Автоматизированные системы управления и связь

$$K = 1 \frac{\partial B^2}{\partial f} - \text{коэффициент согласования размерности};$$

Затем проводят выбор рабочих частот.

Пример расчета

Задано: $\beta_1(\beta_2) = 0,15 \frac{\partial B}{\partial f}$; $\ell_1(\ell_2) = 20 \text{ м}$; $G_1(G_2) = 1,5 \text{ дБ}$; $r = 6 \text{ м}$.

Требуется выбрать номиналы рабочих частот с одновременным решением вопросов ЭМС стационарных радиостанций в случае установки их стационарных антенн на крыше одного служебного здания (ЦУС или ЦПР).

Решение:

$$1. \Delta E_{\text{м.дон}} = 148 - 0,15 \cdot 20 + 1,5 - 0,15 \cdot 20 + 1,5 - 37 = 108, \text{ дБ}$$

$$|f_1 - f_2| = \frac{\Delta E_{\text{м.дон}} - 63 - E_{\text{мин}}}{K} = \frac{108 - 63 - 20}{1 \frac{\partial B^2}{\partial f}} = 625$$

$$2. \text{кГц}$$

3. Если одна радиостанция работает на частоте $f_1 = 148,175 \text{ МГц}$, а разнос составил $|f_1 - f_m| = 625 \text{ кГц}$, тогда $f_m = f_2 = 148,800 \text{ МГц}$.

4.4.4. Расчет координационных расстояний

Под координационным расстоянием (КР) понимается минимальный территориальный разнос антенн стационарных радиостанций, исключающий взаимные мешающие влияния между радиостанциями, работающими на совпадающих частотах. Расчет КР проводится исходя из условий обеспечения на входе приемника уровня мешающего сигнала не более -10 дБ . При этом уровне исключается ложное открывание приемника, поскольку порог срабатывания шумоподавителя устанавливается выше $0,3 \text{ мкВ}$, а чувствительность приемника по шумоподавителю принимается равной 0 дБ или 1 мкВ .

В этом случае допустимый уровень мешающего сигнала на входе приемника рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{кор}} = \beta_1 \ell_1 - G_1 + \beta_2 \ell_2 - G_2 - B_m - 10, \text{ дБ.}$$

По полученной величине $E_{\text{кор}}$ с помощью графических зависимостей $E_{\text{п}} = f(d)$ определяется координационное расстояние между стационарными радиостанциями, работающими на одинаковых частотах для конкретного произведения высот антенн.

4.4.5. Субъективная оценка качества радиосвязи

Субъективная оценка качества радиосвязи осуществляется по пятибалльной шкале в соответствии с табл.2

Автоматизированные системы управления и связь

Таблица 2

Шкала	Субъективная оценка (условия приема)
5	Сигнал без искажений , громкий, разборчивый
4	Сигнал с небольшими искажениями, достаточной громкости и разборчивости
3	Сигнал с большими искажениями, пониженная громкость, частые переспросы
2	Едва слышно, плохая разборчивость
1	Вести разговор невозможно из-за больших искажений сигнала

4.4.6. Расчет дальности действия ОВЧ (УКВ) радиосвязи

Дальность действия радиосвязи зависит не только от электрических параметров радиостанций, но и от условий, в которых организуется радиосвязь (рельефа местности, высот установки антенн, наличия мешающих влияний и т.д.).

При обеспечении прямой видимости между антеннами радиостанций напряженность электромагнитного поля в точке приема определяется по формуле Введенского Б.А.

$$E_n = \frac{4\pi\sqrt{60P_\Sigma G_{нд}}}{\lambda \cdot d^2} \cdot h_1 \cdot h_2 \left[\frac{B}{M} \right];$$

где P_Σ - мощность излучения передающей антенны, Вт; $G_{нд}$ – коэффициент направленного действия передающей антенны; λ - длина радиоволны, м; d – расстояние между антеннами (дальность радиосвязи), м; h_1, h_2 – высоты подъема антенн, соответственно передающей и приемной.

Для обеспечения уверенной радиосвязи напряженность поля полезного сигнала в точке приема должна превышать напряженность поля помех в N раз. Для радиостанций пожарной охраны такое превышение составляет: 20 дБ (10

мкВ/м), т.е. $N=20 \lg \frac{E_{меш}}{E_n}$, дБ, где N – превышение напряженности поля полезного сигнала над мешающим, дБ; $E_{меш}$ – напряженность поля мешающего сигнала, E_n – напряженность поля полезного сигнала.

При расчете дальности действия радиосвязи с подвижными объектами (пожарные автомобили, специальные легковые автомобили и т.п.) необходимо пользоваться графическими зависимостями напряженности поля (E_n , дБ) полезного сигнала в УКВ диапазонов волн от расстояния (d , км) для различных значений высоты подъема антенны стационарной радиостанции (h_1 , м). Графические зависимости (см. рис.3) представляет собой медианные значения напряженности поля, превышающие в 50% мест и 50% времени. Графики приведены для вертикальной поляризации, условий распространения радиоволн метрового диапазона в полосе частот 140-174 МГц. Графики построены для мощности излучения передатчика $P_{пер}=10$ Вт. В случае отличия мощности излучения передатчика от 10 Вт необходимо пользоваться графиком,

Автоматизированные системы управления и связь

приведенным на рис.4, и вводить дополнительный поправочный коэффициент V_m , учитывающий изменение мощности передатчика от 1 до 100 Вт в зависимости от типа применяемых радиостанций.

Графики напряженности поля приведены для среднепересеченной местности ($\Delta h=50$ м). Среднепересеченной считается такая местность, на которой среднее колебание отметок высот не превышает 50 м.

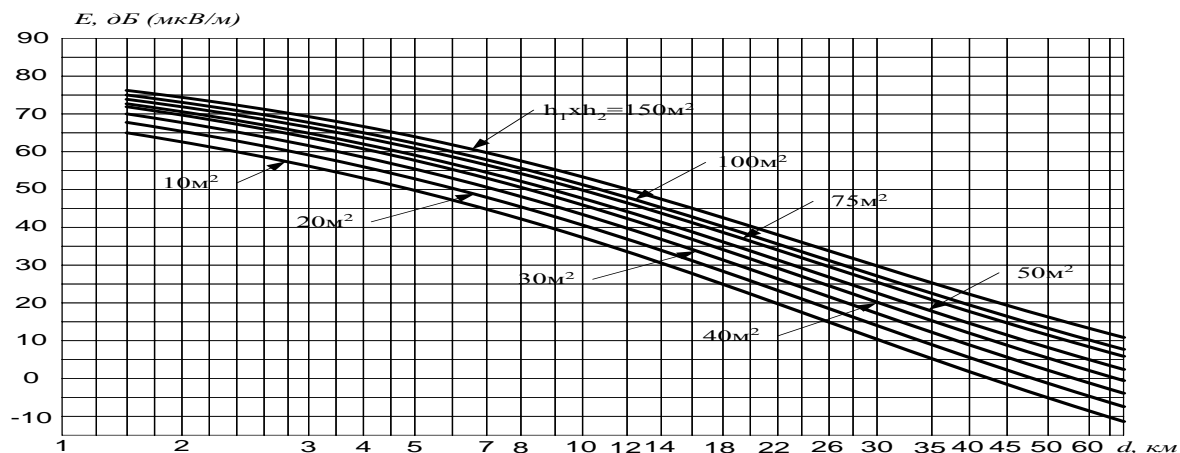


Рис.3. Зависимость средних значений напряженности поля от расстояния между антеннами

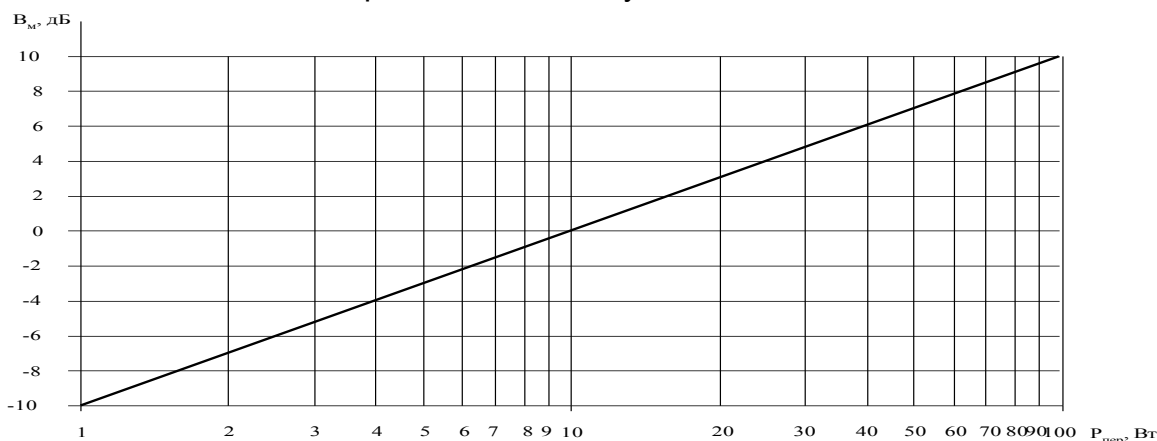


Рис.4. Поправочный коэффициент V_m , учитывающий отличие мощности передатчика от 10 Вт

Параметр h является условной мерой неровности рельефа местности и определяется как разность уровней местности, превышаемых на 10 и 90 % длины трасс.

В полосе частот 140-174 МГц значения дополнительного коэффициента ослабления $V_{осл}$ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения коэффициента ослабления

Δ	0	0	0	0	0	10	20	40	50	70	90	10	30	50	90	30
$h, м$																
V_0																

Автоматизированные системы управления и связь

сл, дБ	2	1									0	1	2	3	4
--------	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---	---	---	---

Необходимая высота установки антенны стационарной радиостанции зависит от рельефа местности. Местность можно считать плоской, если выполняется условие:

$$\Delta h = h_{\text{макс}} - h_{\text{мин}} \leq \frac{h_1}{S};$$

где $h_{\text{макс}} - h_{\text{мин}}$ – максимальная разность уровней местности в области планируемого радиуса действия радиостанции; h_1 – высота подъема антенны над землей в месте ее установки.

При расчете дальности действия радиосвязи минимальное значение напряженности поля полезного сигнала, $E_{\text{мин}}$, дБ, при которой обеспечивается высокое качество радиосвязи, принимается равным 20 дБ (10 мкВ/м).

Таким образом, определение дальности действия радиосвязи необходимо проводить исходя из значения напряженности поля с учетом влияния рельефа местности, выходной мощности передатчика и погонного затухания антенного фидерного тракта ($\beta \ell$), т.е.

$$E_n = E_{\text{мин}} + B_{\text{осл}} - B_m + \beta_1 \ell_1 - G_1 + \beta_2 \ell_2 - G_2 + \Delta E_{\text{доп}}, \text{ дБ},$$

где $\beta_1 \ell_1, \beta_2 \ell_2$ - затухание фидерного тракта соответственно передатчика и приемника, дБ (для кабеля типа РК-75-4-11 $\beta = 0,15$ дБ/м);

G_1, G_2 – коэффициент усиления соответственно передающей и приемной антенн (для радиостанций пожарной охраны $G = 1,5$ дБ);

B_m – поправочный коэффициент, учитывающий отличие мощности

передатчика от 10 Вт, $B_m = 10 \lg \frac{1000}{P_n}$;

$B_{\text{осл}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий рельеф местности, дБ;

$\Delta E_{\text{доп}}$ – величина, характеризующая превышение допустимого уровня мешающего сигнала, дБ.

В случае, когда длина фидерного тракта (ℓ , м) значительно меньше необходимой высоты подъема стационарной антенны, полученной из расчета, следует использовать дистанционное управление стационарной радиостанцией. Если расчетная величина подъема стационарной антенны h_1 превышает 25 м, то установка ее на крыше служебного здания практически не представляется возможным. Стационарная антенна при этом может быть установлена на крыше высотного здания. Кроме того, приемопередатчик должен быть приближен к стационарной антенне, т.к. при длине фидера ℓ более 25 м будет значительной величина погонного затухания фидерного тракта. Управление приемопередатчиком в этом случае должно осуществляться с помощью устройства дистанционного управления.

При одновременной работе близко расположенных радиостанций, работающих в различных радиосетях (на различных несущих частотах), возникает проблема обеспечения их электромагнитной совместимости, т.е. проблема исключения мешающего влияния передатчика одной радиостанции на приемник

Автоматизированные системы управления и связь

другой. Это влияние должно учитываться в первую очередь, в части блокирования полезного сигнала мешающим. Результаты экспериментальных исследований приемопередатчиков стационарных и возимых радиостанций показали, что для обеспечения заданного качества и надежности радиосвязи (заданного отношения сигнал/шум на выходе низкочастотного тракта приемника) в случае превышения допустимого уровня мешающего сигнала на входе приемника необходимо величину напряженности поля E_n увеличить на величину превышения допустимого уровня мешающего сигнала, т.е. на $\Delta E_{\text{доп}}$.

По полученной величине E_n с помощью графических зависимостей $E_n = f(d)$ определяется дальность радиосвязи при заданных высотах антенн.

Во многих случаях нужно определить необходимую величину подъема стационарной антенны при реальных условиях обеспечения связи и заданной величине дальности радиосвязи. При этом следует провести расчет величины напряженности поля E_n полезного сигнала на входе приемника, а затем по заданной дальности радиосвязи d , км (удаленности абонентов) определяется необходимая высота подъема стационарной антенны

$$h_1 = \frac{50}{2} = 25 \text{ м, где } h_1 \times h_2 = 50 \text{ м}^2, \text{ а } h_2 = 2 \text{ м.}$$

В случае расчета дальности радиосвязи между стационарной и носимой радиостанциями следует с помощью графиков рис.5 определить необходимое расстояние между радиостанциями для выходной мощности излучения передатчика (0,2; 0,5; 1,0 Вт) конкретной носимой радиостанцией для различных условий распространения электромагнитной энергии (кривые 1, 2, 3 соответствуют условиям организации радиосвязи на месте пожара; 4, 5, 6 – в условиях городской застройки; 7, 8, 9 – на среднепересеченной местности в сельскохозяйственных районах).

Пользуясь полученными графическими зависимостями имеется возможность проводить расчет ожидаемой дальности радиосвязи также между носимыми и возимой радиостанциями. Это следует делать при развертывании оперативного штаба на месте крупного пожара и организации сети оперативной связи между руководителем тушения пожара (возимой радиостанции автомобиля связи и освещения) и начальниками боевых участков, начальниками штаба и тыла, оснащенными носимыми радиостанциями.

Автоматизированные системы управления и связь

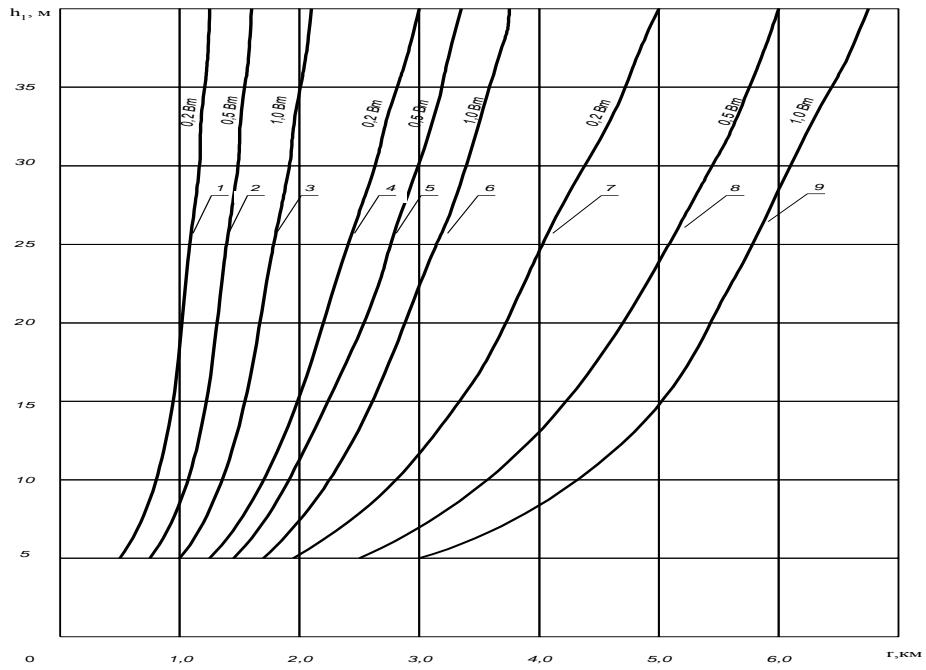


Рис.5. Зависимость дальности связи между стационарной и носимой радиостанциями на различных участках

ЛЕКЦИЯ №14

Тема №4 «Организация связи в пожарной охране»

4.5. Организация деятельности ЦУС, ПСО, ПСЧ

Связь в гарнизонах ПО строится на основе сетей проводной и радиосвязи путем создания разветвленной сети стационарных и подвижных узлов (пунктов) связи, оборудованных средствами связи, в соответствии со своим назначением.

При организации связи в гарнизонах пожарной охраны создаются стационарные и подвижные узлы связи. К стационарным и подвижным узлам связи гарнизона пожарной охраны относятся:

- центр управления силами (ЦУС);
- пункт связи отряда (ПСО);
- пункт связи части (ПСЧ);
- подвижной узел связи (ПУС).

Главным организующим и управляющим звеном службы связи пожарной охраны является ЦУС, обеспечивающий все основные виды связи.

Центр управления силами организуется в гарнизоне ГПС республиканского, краевого и областного центра, а также в городе или населенном пункте с числом пожарных частей не менее четырех.

В зависимости от численности населения, территории, защищаемой гарнизоном, и количества входящих в него пожарных частей ЦУС подразделяются на разряды: первый – более 20 ПЧ, второй – от 10 до 20 ПЧ, третий – до 10 ПЧ, которые определяются руководящими документами ГУ ГПС МЧС России.

В случае организации в гарнизоне пожарной охраны автоматизированной системы связи оперативного управления пожарной охраны (АСОУПО) центр управления силами (ЦУС) входит в состав центра АСОУПО и выполняет его основные функции по управлению силами гарнизона.

На ЦУС возлагается выполнение следующих функций:

- прием извещений о пожарах и ЧС;
- своевременное направление подразделений на тушение пожаров или ликвидацию последствий аварий и стихийных бедствий, а в необходимых случаях
- обеспечение временной передислокации подразделений, а также оповещение руководящего состава управлений ГПС, ОГПС;
- обеспечение оперативно-диспетчерской связи с подразделениями пожарной охраны;
- передача и прием информации с места работы подразделений;
- обеспечение надежной связи с наиболее важными объектами города и службами, взаимодействующими с пожарной охраной;
- обеспечение оперативного учета пожарной техники гарнизона, находящейся в боевом расчете, в резерве, на выполнении заданий.

ЦУС должен иметь:

- диспетчерский зал - основное помещение ЦУС, где размещаются рабочие места диспетчеров с техническими средствами связи и отображения информации

Автоматизированные системы управления и связь

(пульты управления приемной и передающей аппаратуры связи, средства радиосвязи, светоплан города, табло наличия и состояния техники);

- аппаратную, где устанавливается кросс, стивы, испытательные приборы, звукозаписывающая аппаратура, зарядные и распределительные устройства, усилители оповещения и другая вспомогательная аппаратура;

- аккумуляторную;

- комнату отдыха диспетчеров.

Пульты связи диспетчеров ЦУС должны быть оборудованы станциями оперативной диспетчерской связи с подключением к ним: специальных входящих линий "01" для принятия извещений о пожарах (и ЧС), а также входящих и исходящих соединительных линий для связи с подразделениями гарнизона, со службами взаимодействия города, наиболее важными и пожароопасными объектами.

Одной из составных частей ЦУС является центральный пункт радиосвязи (ЦПР). ЦУС размещается, как правило, совместно с ЦПР. Допускается раздельное размещение центрального пункта радиосвязи и ЦУС, но при этом должен быть организован прямой телефонный канал для связи с ЦУС.

Центральный пункт радиосвязи оборудуется радиостанциями из расчета одна радиостанция на каждую радиосеть или радионаправление. Для обеспечения надежной радиосвязи должны быть предусмотрены резервные радиостанции для организации резервной радиосети или радионаправления.

(Стационарные радиостанции типа Виола-Ц и т.д.)

Для регистрации передаваемой оперативной информации по радиоканалам на ЦПР должна быть установлена специальная аппаратура магнитной звукозаписи. (Магнитофоны, цифровые приборы звукозаписи (Хронос)).

ПСО – организуются и оборудуются по принципу ЦУС.

ПСЧ – создается при каждой пожарной части и осуществляет следующие функции:

- прием и фиксирование информации о пожаре и ЧС от заявителей;
- прием приказов о выезде на пожары и ЧС, поступающих от диспетчера ЦУС;
- прием извещений о пожарах и ЧС, поступающих от соседних подразделений гарнизона;

- высылку боевых расчетов части на тушение пожаров и ликвидации ЧС;

- поддержание связи с пожарными автомобилями подразделения;

- информирование ЦУС, а также должностных лиц и организаций о пожарах и ЧС.

Рабочие места диспетчеров с техническими средствами связи и отображения информации (пульты управления приемной и передающей аппаратуры связи, средства радиосвязи, светоплан района выезда.

ПУС используется в качестве временного пункта связи для управления силами и средствами пожарной охраны при решении оперативно-тактических задач.

Он создается начальником оперативного штаба по распоряжению **РТП**.

ПУС организуется на базе оборудования автомобиля связи (или авт. связи и освещения), бортовых средств связи других основных, вспомогательных и

Автоматизированные системы управления и связь

специальных пожарных автомобилей, а также средств связи объектов, где возник пожар или ЧС.

На ПУС возлагается выполнение следующих функций:

- организация оперативного управления подразделениями ГПС при тушении пожара и ликвидации ЧС;
- информационный обмен с ЦУС (передача оперативных данных непосредственно с места пожара (ЧС));
- доступ к информационным базам данных (получение сведений об объекте, карт района, план газовых и водопроводных линий, различных справочных сведений и др.);
- решение функциональных задач с использованием специализированных АРМ.

4.6. Организация единых дежурно-диспетчерских служб **Нормативное правовое и нормативно-техническое** **обеспечение создания ЕДДС.**

В соответствии с поручением Правительства РФ от 16 июля 1998 г. № БН-П4-20705 в целях необходимого правового пространства для создания и развития ЕДДС в 1998 г. был разработан пакет документов по созданию ЕДДС в городах России (концепция, технико-экономическое обоснование и др.), согласованный с федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов РФ.

Приказ МЧС России от 25.08.98 № 517 ввел в действие концепцию создания ЕДДС в городах РФ. Постановлением Госстандарта России от 9.11.99 № 400-ст введен в действие ГОСТ Р.22.7.01-99 «ЕДДС. Основные положения». В том же году были утверждены типовой штатный перечень и типовой табель оснащения ЕДДС.

Приказ МЧС России от 28.06.99 № 331 по вопросам создания единых дежурно-диспетчерских служб в субъектах РФ.

С целью реализации единой научно-технической политики в части создания АС, ОСОДУ субъектов РФ и ЕДДС городов приказом МЧС России от 30.06.2000 № 351 определена головная организация и назначен главный конструктор по созданию АС ОСОДУ и ЕДДС – ВНИИ ГОЧС, которым разработан и издан типовой технический проект ОСОДУ (объединенная система оперативно-диспетчерского управления) субъекта РФ.

приказами МЧС России от 10 сентября 2002г. № 428 и от 2 декабря 2002г. № 553 определены основные направления развития ЕДДС с учетом изменения статуса телефонного номера «01» как единого номера вызова пожарных и спасателей, а также сроки опытного функционирования ЕДДС «01».

В состав типовой ОСОДУ города, наряду с ЕДДС «01» входят ДДС экстренного реагирования («02», «03», «04»), жилищно-коммунального и топливно-энергетического хозяйства, наблюдения и контроля за окружающей средой, а также диспетчерские службы потенциально опасных объектов.

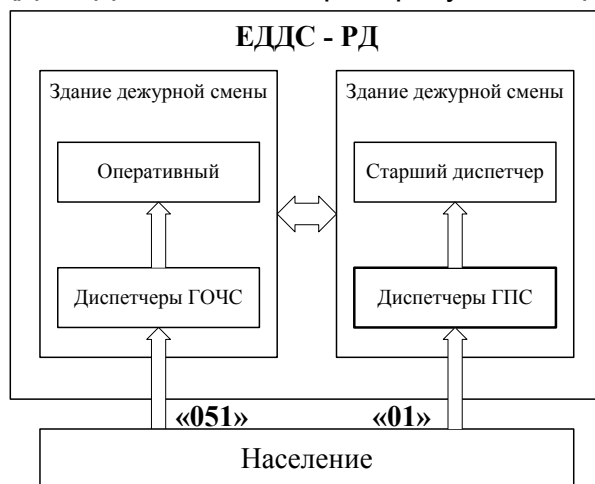
Автоматизированные системы управления и связь

Возможны следующие варианты организации ЕДДС «01»:

1. ЕДДС-РД («Раздельные диспетчерские»).

Характеризуется наличием отдельных разнесенных диспетчерских по вопросам ГОЧС и ГПС, между которыми осуществляется тесное взаимодействие по каналам связи и передачи данных. В этом случае телефонные номера «01» и «051» работают параллельно. Сообщения сразу перекоммутируются в зависимости от характера ситуации. Затраты на сопряжение диспетчерских ГОЧС и ГПС минимальны.

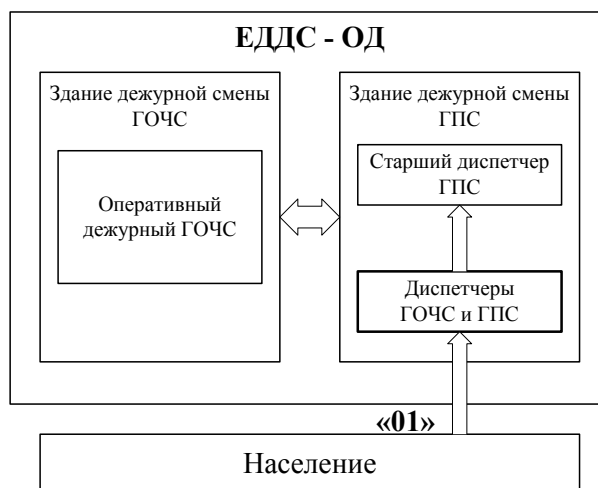
Рекомендуется для муниципальных образований с эффективно работающими ЕДДС. ЕДДС-РД постепенно преобразуется в ЕДДС-ОД.



2. ЕДДС-ОД («Объединенная диспетчерская»).

Характеризуется размещением рабочих мест диспетчеров ГОЧС и ГПС в одном помещении. Вся информационную нагрузку по пожарам и ЧС берет на себя телефонный номер «01». При этом требуется увеличение количества линий специальной связи «01» и использование в диспетчерской службе комплексных программно-технических решений по компьютеро-телефонной интеграции, что повлечет дополнительные затраты.

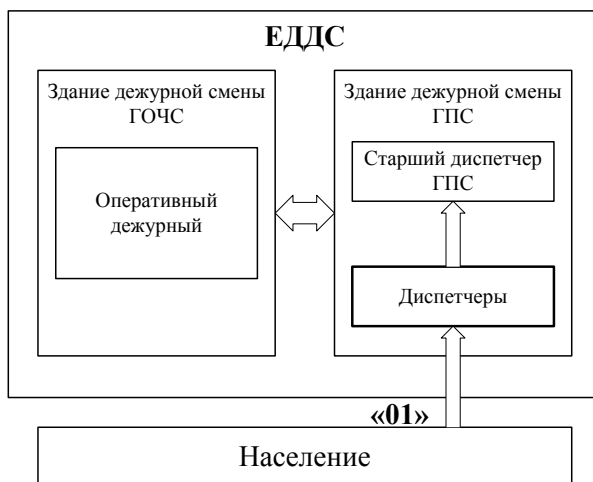
Целесообразно сразу внедрять в городах и районах, где ЕДДС еще не была создана или не зарекомендовала себя в качестве эффективно работающей службы.



Автоматизированные системы управления и связь

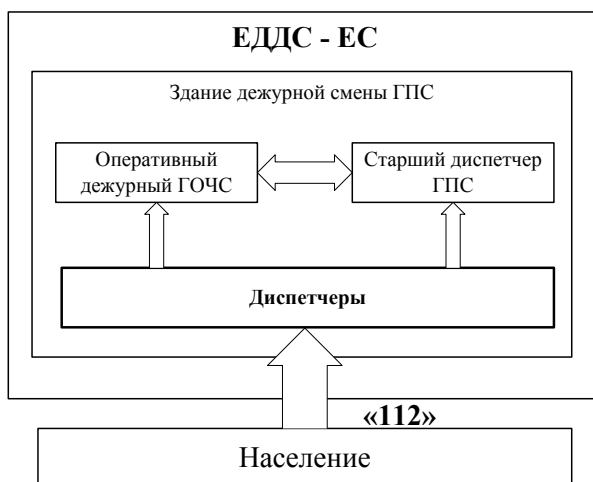
3. ЕДДС-ЕД («Единая диспетчерская»).

Характеризуется дальнейшей оптимизацией состава и функций диспетчеров, при которой их специализация становится универсальной: каждый диспетчер способен принять и обработать любую поступившую информацию. Потребуется создания принципиально новой учебной базы для подготовки (переподготовки) диспетчеров.



4. ЕДДС-ЕС («Единая служба»).

Предусматривает переход на трехзначный номер доступа к объединенной экстренной службе спасения «112» вместо номеров «01», «02», «03», «04» и «051». На этом этапе нормативно закрепляется передача сообщений о любых опасных ситуациях в ЕДДС по бесплатному номеру «112» при одновременном решении вопроса коммутации поступающих сообщений в требуемых случаях и в другие экстренные службы.



При изменении статуса телефонного номера «01» увеличится количество вызовов, занятость телефонной линии, а следовательно потребуются

Автоматизированные системы управления и связь

дополнительное число линий связи и подготовка (переподготовка) операторов ЕДДС.

Создание ЕДДС требует решения не только технических вопросов, но и разработки нового интегрированного специального программного и информационного обеспечения (СПИО) с отработкой алгоритмов взаимодействия диспетчеров при одновременной обработке вызовов на пожары и ЧС.

Диспетчерские комплексы по пожарам и ЧС должны обеспечивать:

- формирование журнала событий с учетом привязки к объекту проведения работ, данных о привлекаемых силах и средствах, а также классификации событий по виду, масштабу негативных последствий, текущему состоянию и др.;
- автоматическое присвоение регистрационного номера карточке;
- передачу введенных данных из полей одной карточки в соответствующие поля других на соседние АРМ;
- прием по радиоканалам информации с места пожара и ЧС;
- обеспечение возможности обращения из журнала событий к комплексам поддержки принятия решений или подготовки отчетной документации.

Комплексы поддержки принятия решений должны обеспечивать:

- планирование объектов и состава мероприятий по ликвидации последствий пожаров и ЧС;
- планирование сил и средств, привлекаемых для ликвидации последствий пожаров и ЧС;
- планирование использования дополнительных ресурсов для ликвидации последствий пожаров и ЧС;
- планирование транспортного обеспечения процесса ликвидации последствий пожаров и ЧС;
- прогнозирование и оценку последствий пожаров и ЧС при различных управленческих решениях, заложенных в ситуационный план (определение оценок медицинских последствий, прогнозируемых объемов и сроков начала и окончания выполнения аварийно-восстановительных мероприятий).

Результаты решения функциональных задач должны представляться в виде итоговых планов и печатных выходных документов, включающих разбивку по следующим составляющим:

- план мероприятий по ликвидации пожаров и ЧС;
- план привлекаемых сил и средств;
- план материально-технического обеспечения;
- план перевозок сил, средств и ресурсов.

СПИО ЕДДС должно функционировать в рамках ЛВС по технологии «клиент-сервер» и содержать следующие типовые специализированные АРМ:

- АРМ оперативного дежурного ГОЧС (помощника оперативного дежурного, старшего диспетчера);
- АРМ диспетчера (радиотелефониста) по пожарам;
- АРМ диспетчера (радиотелефониста) по ЧС;
- удаленный АРМ диспетчера (дежурного) взаимодействующей ДДС;
- удаленный АРМ подчиненного подразделения (поисково-спасательного отряда, пожарной части);

Автоматизированные системы управления и связь

- АРМ системного администратора.

СПИО ЕДДС «01» должно обеспечивать возможность его дальнейшего развития с учетом используемых в ЕДДС программно-аппаратных средств:

- компьютерно-телефонная интеграция диспетчерских комплексов с УАТС для создания центра обработки вызовов (call-центра);
- сопряжение карточек о пожарах и ЧС с многоканальной цифровой системой записи телефонных переговоров;
- сопряжение функциональных задач с геоинформационной системой (ГИС) для отображения территориально привязанной информации на электронной карте местности;
- сопряжение диспетчерских комплексов с системой голосового оповещения;
- развитие подсистемы поддержки принятия решений по составу решаемых задач и автоматизации процессов подготовки планов действий сил и средств;
- развитие подсистемы подготовки отчетной документации;
- создание системы консультативного обслуживания через Интернет населения и организаций по вопросам безопасности.

Рекомендуемое программное обеспечение: ОС Windows NT 4.0 (SP6), Windows 2000, MS SQL 7.0 SP3, MS Office, Oracle.

ЛЕКЦИЯ №15

Тема №5 «Основы АСУ и автоматизированные системы оперативного управления пожарной охраны»

5.1. Роль и место автоматизированных систем управления в ГПС

Активное использование вычислительной техники и АСУ началось в ПО в первой половине 70-х годов XX века. Диапазон задач, решаемых с помощью АСУ, широк – от диспетчирования сил и средств ПО и управления средствами связи до административно-хозяйственного управления и пожарной защиты крупных и особо важных объектов.

Применение **вычислительной техники** было вызвано возросшими требованиями к результативности деятельности ПО и было направлено:

- в области **предупреждения пожаров** – на обеспечение ритмичности, высокого качества и эффективности надзорно-профилактической деятельности ПО за счет: организации оптимального долгосрочного и оперативного планирования деятельности; построения рационального графика пожарно-технических обследований и проверок, охватывающих всю организационную структуру ПО; контроля за выполнением плановых заданий подразделениями ПО; обеспечения заданного качества пожарно-профилактической работы, благодаря строгому и точному соблюдению технологии надзорно-профилактических операций, повышению производительности труда сотрудников ПО, своевременному применению санкций к нарушителям правил пожарной безопасности и должностным лицам на объектах, находящимся в пожароугрожаемом состоянии;
- в области **тушения пожаров** – на повышение качества и эффективности деятельности оперативных служб пожаротушения путем: сокращения времени реакции системы на сообщения о пожарах; устранения ошибок в диспетчировании сил и средств ПО; оперативного представления РТП и службам пожаротушения более полных сведений о горящем объекте; организации действенного контроля за несением караульной службы и готовностью сил и средств к боевым действиям; обеспечения максимального использования пожарной техники.

В сфере управления деятельностью ПО с использованием информационных технологий решаются следующие задачи: обработка планово-учетной и хозяйственной информации; создание новых систем передачи данных; учет и подготовка кадров; учет и организация обслуживания пожарной техники; учет средств обеспечения пожаровзрывобезопасности; ведение делопроизводства; сбор и анализ статистической информации; планирование и контроль выполнения мероприятий по направлениям деятельности органов управления и

Автоматизированные системы управления и связь

подразделений ПО и др. В общем виде схема автоматизированного управления пожарной охраной приведена на рис. 1.

В перечне проблем организации деятельности противопожарных служб особое место занимает **информационное обеспечение**, составляющее неотъемлемую часть управления предупреждением и ликвидацией пожаров. В большинстве случаев скорость получения и достоверность информации определяют успех мероприятий по сокращению ущерба от пожаров. В ГПС МЧС России сложилась трехуровневая структура информационного обслуживания органов управления.

К первому уровню относятся подразделения ГУГПС МЧС России (центрального органа управления ПО), второй уровень управления образуют региональные и областные органы ГПС, на третьем уровне функционируют районные подразделения ПО и пожарные части.

Совокупность информационных потоков в органах и подразделениях пожарной охраны включает в себя:

- информационные потоки общего пользования (директивная, организационно-правовая, нормативно-техническая, справочная информация);
- специализированные информационные потоки, учитывающие особенности деятельности территориальных органов ГПС и пожарных частей;
- архивную информацию органов и подразделений ПО.

Информация общего пользования сосредотачивается в интегрированных банках данных (ИБД), функционирующих на различных уровнях управления.

В интегрированном банке данных федерального уровня накапливается информация, которая используется при планировании и проведении мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов народного хозяйства на федеральном уровне (БД «Пожары», «Техника», «Ресурсы ГПС», Право и т.д.).

Автоматизированные системы управления и связь

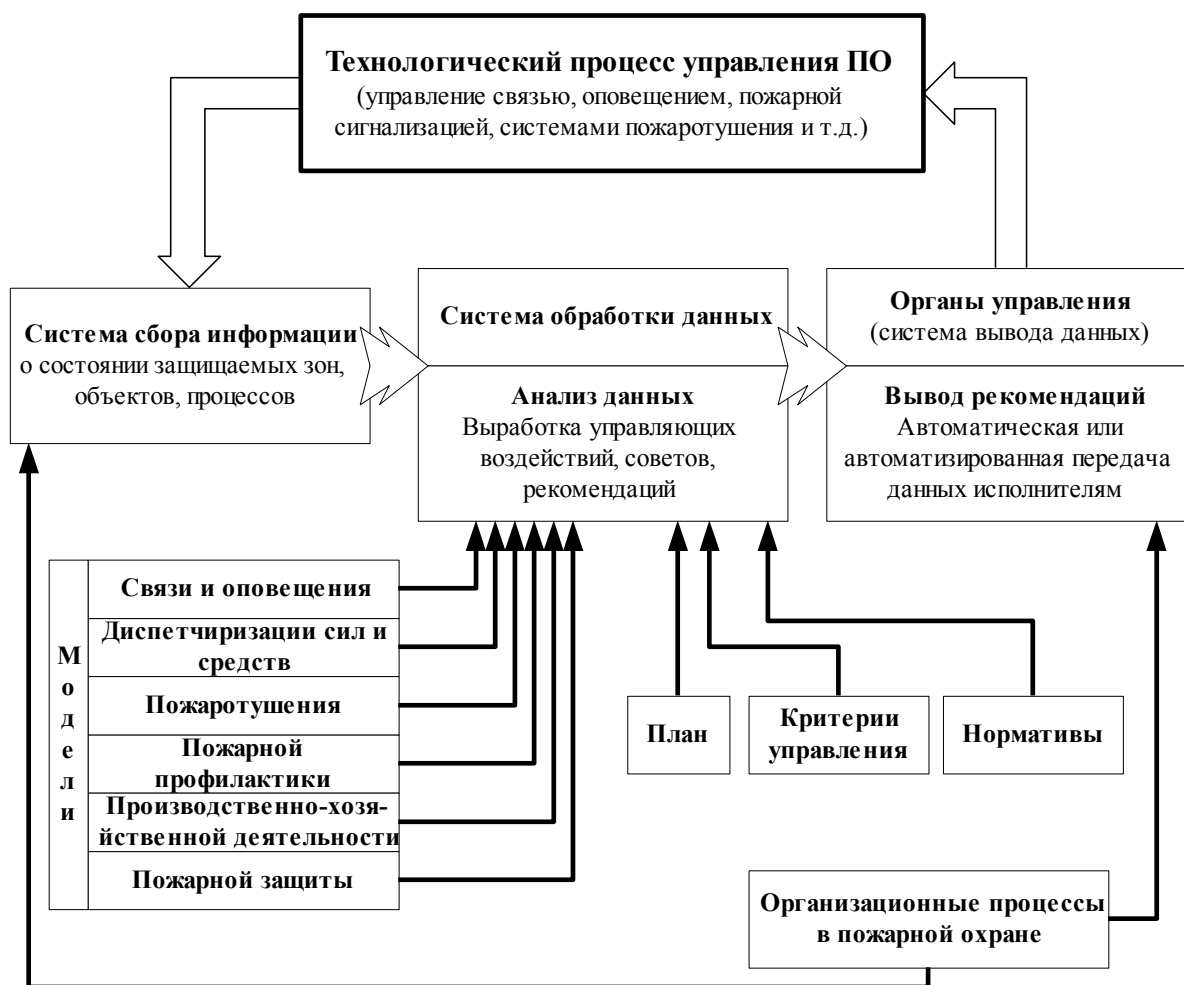


Рис. 1. Структурная схема автоматизированного управления ПО

Важнейшим фактором существенного улучшения информационного обеспечения деятельности ГПС является внедрение информационных технологий на базе компьютерных сетей и обеспечение прямого доступа сотрудников к информации интегрированных банков данных. Компьютерные сети и создаваемые в их составе автоматизированные рабочие места (АРМ) специалистов ПО составляют основу системы информационного обеспечения и предполагают реализацию всех имеющихся информационных связей на всех уровнях управления. Одновременно на основе внедрения систем передачи данных (СПД) с использованием стандартных протоколов предусматривается взаимодействие с другими министерствами и ведомствами и международными пожарными организациями.

5.2. Классификация АСУ

В зависимости от назначения **автоматизированных систем** (АС) зоной их обслуживания могут быть пожарные подразделения, промышленные и хозяйственные объекты, города и региона. А сами подразделяются на

Автоматизированные системы управления и связь

информационные, информационно-советующие и управляющие. Подавляющее большинство АС в ПО являются информационно-советующими.

По функциональному признаку наибольшее распространение получили **локальные АС**, выполняющие функции контроля за деятельностью подчиненных аппаратов, обработку и анализ статистических данных о пожарах, информационно-справочное обслуживание оперативных служб пожаротушения и обработку планово-экономической информации. Эти системы относительно просты и имеют невысокую стоимость.

Более высокую степень автоматизации обеспечивают **комплексные АС**, реализующие на единой технической базе оперативное управление силами и средствами и организационное управление ПО крупных городов и административных центров. Такие системы включают средства связи, технические средства управления, диспетчирования, обнаружения и сообщения о пожарах и соответствующие технологии обработки информации. Создание сложных комплексных систем связано со значительными финансовыми и материальными затратами и требует решения ряда организационно-методических вопросов по их внедрению, в связи с чем их доля в общем числе автоматизированных систем, используемых в ПО, не превышает 2 %.

Более широкое распространение получили автоматизированные системы на базе микро- и мини-ЭВМ, а затем и персональных компьютеров, которые начали поступать в пожарные части с конца 70-х годов. Такие системы, например, позволяют получать данные обо всех зданиях, находящихся в зоне действия пожарной части, накапливать и обрабатывать информацию о действиях по тушению пожаров и выдавать необходимые статистические данные о работе пожарной части в течение года. При поступлении сигнала о пожаре на экране воспроизводится подробная информация об объекте, с которого поступил вызов, адрес и маршрут следования к нему, а также можно проверить состояние пожарной техники, упрощенные и развернутые оперативные планы боевых действий на местах пожаров, готовить описание пожаров, контролировать пожарно-профилактическую работу и получать справочную информацию. Используются также различные системы для обработки информации по учету кадров и финансовой информации.

Возможности информационного обеспечения деятельности ПО существенно расширяются, если в состав программно-аппаратных комплексов включаются специальные **информационно-поисковые системы**. Для подразделений ПО, дислоцированных в небольших населенных пунктах, разрабатываются простые пакеты программ на основе типовых текстовых процессоров, электронных таблиц и баз данных.

Расширением состава программного обеспечения ПО стало включение в его состав компьютерных систем картографической информации или **геоинформационных систем** (ГИС). Появление ГИС связано с тем, что традиционные способы обработки и представления информации не обеспечивали возросших потребностей ПО по решению топографических задач, особенно в случаях крупномасштабных и лесных пожаров, и общей тенденцией расширяющегося применения графической формы представления информации. Электронные картографические системы позволяют на новом уровне решать

Автоматизированные системы управления и связь

традиционные картографические задачи по обеспечению деятельности подразделений ПО, в том числе, подготовке планов пожаротушения и других графических материалов, «привязанных» к местности. Современные аналитические возможности ГИС включают измерение расстояний, площадей, уклонов, направлений по карте, создание цифровой модели местности и наложение на нее любой доступной информации, расчет статистических показателей и т.д. Наглядность графической информации, визуальное восприятие и возможность проведения оперативных расчетов позволяют руководителю лучше контролировать ситуацию и быстрее принимать необходимые решения.

Широкое внедрение получают **микропроцессорные устройства** для совершенствования пожарной техники. Микропроцессорами оснащаются устройства управления пожарными автолестницами, что позволяет существенно упростить разворачивание автолестницы в боевое положение и исключить возможность возникновения при этом аварийных ситуаций. Для борьбы с пожарами в условиях химического или радиоактивного воздействия на людей разрабатываются автоматизированные комплексы с дистанционным управлением (пожарные роботы), которые позволяют вести борьбу с огнем, не подвергая непосредственной опасности человека. Появление микропроцессорной техники коренным образом изменило характеристики **систем пожарной сигнализации**. Современные системы имеют режимы самодиагностирования, автоматизированного документирования своей работы и дублирования вышедших из строя блоков и подсистем. Режимы анализа поступающих с датчиков сигналов позволяют отсеять значительную часть ложных срабатываний и повысить надежность работы всей системы.

Усложнение задач, решаемых ПО по защите современных жилых или производственных объектов, требует постоянного совершенствования процессов принятия решений на основе внедрения компьютерных технологий, разработки **экспертных систем**, способных высокоэффективно решать такие проблемы. Экспертную систему можно рассматривать в качестве средства, обеспечивающего для конкретной предметной области регистрацию знаний человека и доступ к ним. Экспертная система способна оперативно предоставлять разнообразную информацию, эквивалентную совету эксперта в любое время. Первые экспертные системы были внедрены в США для борьбы с лесными пожарами и в Великобритании для проверки выполнения противопожарных требований.

В последние годы цифровые информационные технологии находят все более широкое применение в ГПС МВД России. Растет количество ПЭВМ, используемых в органах управления и подразделениях ГПС, расширяется набор программных средств для автоматизации процессов обработки информации, создаются организационно-правовые и методологические основы компьютеризации противопожарной службы.

В качестве основных направлений дальнейшего внедрения цифровых информационных технологий в ГПС МЧС России целесообразно рассматривать следующие:

- унификацию и интеграцию АРМов специалистов ГПС;

Автоматизированные системы управления и связь

- переход к решению оперативно-диспетчерских и иных управленческих задач с использованием сетевых решений на основе технологии открытых систем, при этом в качестве основного объекта разработки и внедрения информационных технологий должны рассматриваться подразделения ГПС;
- повышение уровня и качества разработок на основе применения математических моделей, описывающих поведение объекта управления или изменения параметров среды.

5.3. Основные понятия и определения АСУ

Основные понятия, которые используются при построении информационной теории АСУ: система, информация, качество, а также их производные (целенаправленная система, информационный ресурс, информационный процесс, информационная структура, информационная база, качество системы, качество информации и др.).

Единого, формального определения системы, удовлетворяющего предъявляемым к нему требованиям, в настоящее время нет. Есть множество определений системы, сформулированных Л.фон Берталанфи (впервые в 1969 г.), В.М. Глушковым, Н.П. Бусленко, А.И. Уемовым, Ю.А. Шрейдером, М. Месаровичем, Р. Акоффом, У. Эшби и др.

В рамках информационной теории АСУ предлагается следующее обобщающее определение системы.

Система – это целостное (единое) образование множества элементов, находящихся в сложных отношениях и связях между собой, возникающее в результате операции выделения некоторой части внешнего мира по пространственным и (или) функциональным признакам и обладающее эмерджентными свойствами, не сводящимися к свойствам входящих в это образование элементов.

Понятие "система" частично субъективно, так как исследователь выделяет из внешнего мира те элементы и явления, которые отвечают цели исследования и легче поддаются анализу или синтезу.

Объективное содержание понятия "система" связано с тем, что реальные системы обладают пространственной или функциональной замкнутостью (изолированностью от среды функционирования).

Анализ различных определений и толкований показывает, что существуют, по крайней мере, четыре основных признака, которыми должен обладать объект, чтобы его было можно назвать системой.

Первая пара признаков – это признаки целостности и членимости. С одной стороны, система это целостное образование и представляет целостную совокупность элементов, а с другой стороны, в системе четко можно выделить ее элементы (целостные объекты). Для системы главным является признак целостности, т.е. она рассматривается как единое целое, состоящее из взаимодействующих или взаимосвязанных частей (элементов), часто разнокачественных, но совместимых.

Автоматизированные системы управления и связь

Второй признак – это наличие более или менее устойчивых связей (отношений) между элементами системы, превосходящих по своей силе (мощности) связи (отношения) этих элементов с элементами, не входящими в данную систему. Обмен информацией, энергией и веществом между элементами системы и между системой и окружающей средой осуществляется при помощи связи, представляющей физический канал.

Третий признак – это наличие интегративных свойств (качеств), присущих системе в целом, но не присущих ее элементам в отдельности. Интегративное свойство (качество) – это то новое, которое формируется при согласованном взаимодействии объединенных в структуру элементов и которым элементы до этого не обладали (эмерджентность).

Четвертый признак характеризует наличие в системе определенной организации, что проявляется в снижении степени неопределенности системы или ее энтропии. Системообразующими факторами являются: число элементов системы; число существенных связей, которыми может обладать элемент; число системозначных свойств элемента; число квантов пространства и времени, в которых может находиться и существовать элемент, связь и их свойства. Организация охватывает только те свойства элементов, которые связаны с процессами сохранения и развития целостности, т.е. существования системы. Организация возникает в том случае, когда между некоторыми исходными объектами возникают закономерные устойчивые связи и/или отношения, актуализирующие какие-то свойства элементов и ограничивающие иные их свойства.

Таким образом, во взаимных превращениях систем и системных комплексов в качестве важнейших свойств выступает рациональность взаимодействий и существование предела в управлении. Поэтому **система – это объект, представляющий собой некоторое множество элементов, находящихся в рациональных отношениях и связях между собой и образующих целостность, единство, границы которого задаются пределами управления.**

Структура системы – это способ организации системы (целого) из отдельных элементов (подсистем) с их взаимодействиями, которые определяются распределением функций и целей, выполняемых системой, обеспечивающий устойчивость и тождественность системы при различных внешних и внутренних изменениях.

Сложная система – это система, состоящая из большого числа взаимодействующих друг с другом разнообразных (неоднородных) элементов. Отсюда сложность системы зависит от насыщенности ее информацией, т.е. зависит не столько от количества элементов, сколько от их разнообразия. Причем, чем в большей степени различны элементы, тем меньше число способов, которыми может быть реализовано то или иное сочетание. Различать элементы системы позволяет содержащаяся в системе информация. Различимость – свойство, необходимое для определения количества информации в системе.

Все проблемы, возникающие при анализе и синтезе систем, сводятся, практически, к двум:

Автоматизированные системы управления и связь

- описанию структуры системы на основе функциональных характеристик (морфологический или структурный анализ);
- определению функций системы, заданных в соответствии с пространственным или структурным принципом (функциональный анализ).

Сущностью АСУ является автоматизированная переработка информации в интересах повышения эффективности управления объектами различной физической природы с целью полного использования их функциональных возможностей на множестве решаемых задач.

АСУ – система «человек-машина», обеспечивающая эффективное функционирование объекта, в которой сбор и переработка информации, необходимой для реализации функций управления, осуществляется с применением средств автоматизации и вычислительной техники.

Качество объектов исследования (систем, информации и др.) – совокупность свойств, характеризующих степень соответствия объектов целям (ценностям) и технологии применения. Тогда частные определения для качества АСУ и циркулирующей в АСУ информации будут.

Качество АСУ – совокупность информационных, технических, эксплуатационных, экономических, эргономических, эстетических и других свойств АСУ, характеризующих степень достижения ею целей, поставленных при ее создании.

Для обозначения качества функционирования АСУ в условиях ее применения по назначению используется понятие "эффективность".

Эффективность АСУ – свойство АСУ, характеризующее степень достижения главной цели (целей), поставленной при ее создании и определяющей ее назначение в условиях целевого применения.

Различают внешнюю или целевую эффективность АСУ (получаемую в управляемом объекте или процессе) и внутреннюю или технологическую эффективность (выполнения задач управления данной АСУ по отношению к другой).

Для оценки целевого материального эффекта в сложной системе требуется оптимизация по многим критериям и в результате вместо получения экстремальных значений показателей эффективности часто приходится рассматривать рациональные (компромиссные, сатисфакционные) решения. Последние могут характеризоваться некоторой системой требований, описывающих такие содержательные понятия как приемлемость, равноправие, равнозначность, справедливость и др. Очевидно, что возможность удовлетворить такой системе требований зависит от информационных ограничений, действующих в АСУ.

Качество информации в АСУ – совокупность внутренних (содержательности) и внешних (защищенности) свойств информации, характеризующих степень ее соответствия потребностям (целям, ценностям) пользователей (оператора, диспетчера, персонала и др.).

Внутреннее качество (присущее собственно информации и сохраняющееся при ее переносе в другую АСУ, подсистему) и внешнее (присущее информации, находящейся или используемой только в определенной АСУ, подсистеме),

Автоматизированные системы управления и связь

определяются, главным образом, следующими иерархиями свойств соответственно:

- содержательность – значимость, (идентичность, полнота), кумулятивность (гомоморфизм, избирательность);
- защищенность – достоверность (помехоустойчивость, помехозащищенность), сохранность (целостность, готовность), конфиденциальность (доступность, скрытность, имитостойкость).

Известны два подхода к определению ценности информации (соответствия информации потребностям пользователей), предлагающие: первый - связывать ее с поставленной задачей (М. Бонгард, Д. Конторов, Н. Моисеев, А. Харкевич и др.) и второй - измерять через ее количество (М. Гавурин, Б. Гришанин, Р. Стратонович и др.).

Под **ценностью информации** понимается ее значимость, определяемая способом динамического отображения множества ее качественных свойств и количественных характеристик на множество возможных управляющих решений, ведущих к достижению целей управления.

На основе этого определения можно сформулировать принцип оптимальности обработки информации в АСУ как **принцип информационной ценности**: информационный ресурс АСУ следует использовать оптимальным способом и только для обработки наиболее ценной (качественной) информации, на основе которой действительно возможна выработка оптимальных (при данном ограничении на количество информации) управляющих решений, ведущих к достижению целей управления.

Под способом использования информационного ресурса АСУ понимается специальная **информационная технология** как совокупность информационных процедур формирования (рецепции), интерпретации (преобразования, поиска, реорганизации) и коммуникации (передачи, хранения) информации. В соответствии с принципом информационной ценности для повышения эффективности АСУ требуется разработать математическую модель для количественной оценки информационного ресурса АСУ и степени рациональности его использования в функционирующей АСУ.

Процесс управления подразделениями ГПС основывается на поступающей в систему оперативной информации, содержащей сведения о состоянии объекта управления. От полноты и качества оперативной информации зависит эффективность управления.

Под управлением понимается целенаправленное воздействие на объект для достижения поставленной цели. Исследование систем управления производится с помощью структурного анализа объектов, средой описания которых является некоторая предметная область исследования. Методика такого вида анализа заключается в декомпозиции исходного объекта на составные элементы и определении структуры объекта, т.е. указании отношений между выделенными элементами. Исходной позицией для формализации служит подход, в рамках которого изучаемая система представляется в достаточно общем декомпозиционном виде (субъектно-объектный подход):

- объект, который подвергается изучению и воздействию;

Автоматизированные системы управления и связь

- субъект, который их проводит;
- отношения между указанными объектом, субъектом и внешней средой.

Все множество моделей социально-экономических объектов, к которым принадлежит и ГПС, принято делить на две большие группы: материальные и аналитико-описательные. Первые представляют собой какие-либо материальные объекты, сохраняющие основные черты объекта-оригинала, вторые – продукт человеческого мышления.

Целевой подход в системах управления базируется на основной идее современного этапа управления экономико-организационными системами: для повышения эффективности их функционирования необходимо согласованное по целям управление, т.к. несогласованность целевых устремлений и действий подразделений – главный источник потерь. Целевые методы направлены на согласование целей каждого подразделения и исполнителя с генеральной целью ГПС, согласование ее целей с ресурсными возможностями.

Целевой подход предполагает:

- определение системы целей организации, в том числе планируемых результатов работы в заданной сфере деятельности;
- формирование множества решаемых задач по достижению результатов;
- измерение конкретных результатов по этапам достижения целей.

Цель – желаемый результат деятельности организационной системы, достижимый в пределах некоторого интервала времени. **Задача** – желаемый результат деятельности, достижимый за намеченный (заданный) интервал времени и характеризующийся набором количественных данных или параметров этого результата. Целевой подход предполагает также, что для каждой цели определено подразделение, которое организационно обеспечивает ее достижение. Таким образом, любая цель представляет собой определенную совокупность целей более низкого уровня, задач управления и конкретных действий по их исполнению, т.е. достаточно общая цель деятельности организации достигается в результате осуществления ряда частных целей и решения частных задач.

В целях определения критериальной оценки принимаемых управленческих решений все виды целевых установок, формируемых органами управления можно разграничить на две группы:

- «качественные» *целевые установки*, которые могут быть или достигнуты, или не достигнуты;
- *количественное определение целевых установок* заключается в стремлении увеличить (или уменьшить) значение некоторого показателя, зависимость от факторов, участвующих в решении проблемы, и составляет **показатель эффективности**.

Степень или эффективность достижения цели измеряется критериями эффективности. Различают два основных типа критериев эффективности управления сложными системами. Критерий эффективности первого типа отражает **степень достижения цели** системой. Это своего рода расстояние между текущим положением траектории поведения системы и множеством

Автоматизированные системы управления и связь

желаемых значений выходных параметров системы. В теории оптимального управления такой критерий эффективности называется *терминальным*.

Для критериев эффективности существует такая же зависимость между критериями систем различного уровня, как и для их целей. Так как эффективность каждой системы управления оценивается по степени достижения цели, то можно построить дерево критериев аналогично дереву целей. Деревья целей и критериев используются для уточнения и разграничения функций управления между подразделениями и отдельными руководителями органа управления, уточнения их прав и обязанностей, обоснования целесообразности степени централизации и децентрализации при выработке организационно-экономических решений. В последнее время разработано около 30 показателей для оценки эффективности различных структурных подразделений организационно-экономических систем.

Продуктивность оценивается степенью достижения системой поставленных перед ней целей, т.е. степенью своевременного завершения работы, характеризуемой определенными количественными и качественными характеристиками. Продуктивность, являясь одним из показателей общей эффективности или результативности организационной системы, фокусирует внимание в основном на объеме выпускаемой продукции или услуг. На практике могут рассчитываться индексы продуктивности, показывающие степень достижения цели в одном периоде по сравнению с другим периодом.

Экономичность характеризует степень использования необходимых ресурсов, подлежащих потреблению, к объему фактически потребленных ресурсов. Для оценки первой величины используют смету, нормативы, прогнозы, оценки и др. Вторая определяется на основе данных бухгалтерского учета, отчетных сводок, системы автоматических измерений и т.д. То есть экономичность – это показатель, характеризующий общую эффективность организационной системы в отношении затрат. Обычно рассчитываются индексы, характеризующие динамику экономичности в отдельные периоды времени. Если индекс больше 1, считается, что система экономичная, меньше 1 – не экономичная.

Экономическая эффективность – соотношение между уровнями продуктивности и расходов, понесенных для достижения этой продуктивности.

Качество характеризует степень соответствия системы определенным требованиям и спецификациям, определяется по качественным признакам, т.е. конкретным свойствам, которые закладываются при проектировании системы. Качественные признаки делятся на *объективные* (измеряемые) и *субъективные* (оцениваемые экспертным путем).

Прибыльность – соотношение между валовыми доходами (или сметой) и суммарными издержками (или фактическими расходами). Показатели прибыльности:

- уровень прибыли, отнесенной к объему продаж, т.е. чистый доход/объем продаж;
- прибыль, отнесенная к совокупным активам, т.е. чистый доход/совокупные активы;

Автоматизированные системы управления и связь

- прибыль, отнесенная к собственному капиталу, т.е. чистый доход/собственный капитал.

Производительность является интегрированным показателем и характеризуется соотношением количества продукции системы и количества затрат на выпуск соответствующей продукции. Повышение производительности произойдет при соблюдении следующих условий:

- продукция возрастает, затраты уменьшаются;
- продукция возрастает, затраты остаются неизменными;
- продукция возрастает, затраты возрастают, но более низкими темпами;
- продукция остается неизменной, затраты сокращаются;
- продукция сокращается, затраты сокращаются, но более быстрыми темпами.

Качество трудовой жизни характеризует, каким образом лица, причастные к системе, реагируют на социально-технические аспекты данной системы. Характер реакции участников на социально-технические аспекты организационной системы является важным критерием способности организации эффективно функционировать.

Инновации могут быть определены как процесс, с помощью которого получают новые, более совершенные товары и услуги. Этот интегрированный показатель выражают через показатели действенности, прибыльности, связанные с производством новых продуктов.

Общая эффективность – интегральная оценка, учитывающая влияние большинства показателей (критериев). Она устанавливается обычно путем комбинирования фактических данных о продуктивности или путем получения общих оценок или суждений экспертов.

Для сложных организационных систем получить критерий общей эффективности в виде скалярной функции не удастся, и придется иметь дело с векторным, многокомпонентным критерием, составляющие которого самостоятельные, независимые друг от друга критерии. Такие системы называются *многокритериальными*.

Эффективным способом, используемым в случаях векторного критерия, является выбор управляющих воздействий (решений) оптимальных по Парето. Множество оптимальных по Парето решений с векторным критерием составляют такие решения, ни одно из которых не доминируется (т.е. не улучшается в заданном смысле) никаким другим решением из этого множества. Каждое решение из множества управляющих воздействий лучше любого другого, по крайней мере, для одного из независимых критериев, но в тоже время хуже него по какому-либо другому. Если множество по Парето содержит лишь одно решение, то оно является наилучшим по всем составляющим векторного критерия, т.е. по общей оценке.

Параметр – величина, характеризующая свойство процесса, явления или системы.

Показатель – качественно-количественная характеристика какого-либо свойства изучаемого объекта, процесса или управленческого решения.

Автоматизированные системы управления и связь

Критерий – правило, на основании которого производится оценивание, сравнение альтернатив, классификация и выделение объектов, явлений или решений.

Индикатор – показатель, который используют для прогнозирования основных направлений развития сложившейся обстановки.

Индекс – относительный показатель, выражающий отношение уровня явления к уровню его в прошлое время, или к уровню аналогичного явления, принятому в качестве базы; индекс – числовой показатель чего-либо.

Порог (пороговое значение) – граница чего-нибудь, в технических системах предельный показатель, за который система не должна выходить.

Норматив (нормативное значение) – желательное значение показателя.

Тенденция – выявленное направление изменения показателя.

Фактор – величина, находящаяся в количественно-определенной взаимосвязи с другим показателем, часто называемым результативным; фактор также является моментом, существенным обстоятельством в каком-либо процессе, явлении.

Критерий безопасности управления – признак, на основании которого производится оценка состояния процесса управления с точки зрения обеспечения завершенности цикла функционирования важнейших процессов, обеспечивающих достижение цели. Завершенность цикла функционирования является необходимым требованием к системе управления, так как только в этом случае обеспечивается достижение цели. Показатели (индикаторы), по которым определены пороговые значения (порог безопасности), выступают системой показателей безопасности управления.

Наивысшая степень достигается при условии, что весь комплекс показателей находится в пределах допустимых границ своих пороговых значений, а пороговые значения одного показателя достигаются не в ущерб другим. Выявление угроз безопасности управления и прогнозирование их последствий осуществляется с помощью мониторинга (систематического сопоставления действительного положения с желаемым) показателей. Непосредственный отбор показателей (индикаторов) для мониторинга требует постоянного уточнения. Для точного определения прогноза состояния системы, выявления и устранения опасных тенденций необходима комплексная оценка пороговых значений всех показателей (индикаторов).

В качестве показателей, отображающих качество функционирования системы управления, рассматривают совокупность показателей для оперативного, текущего и стратегического отображения информации о ее состояниях, а в качестве критериев – их пороговые значения (порог безопасности), рекомендуемые нормативные значения или указания на обнаруженные тенденции. В случае выхода показателя за пороговое, нормативное значение или выявление отрицательной тенденции состояние классифицируется как критическое, опасное или содержащее угрозу функционированию системы.

Критерий эффективности управления – признак, на основании которого производится оценка эффективности процесса управления с точки зрения удаленности текущего состояния объекта управления от цели. Критерий эффективности используется в том случае, когда предлагается несколько

Автоматизированные системы управления и связь

вариантов процесса управления и среди них выбирается лучший. В противном случае критерий эффективности процесса управления – ***удаленность текущего состояния показателя от порога безопасности.***

ЛЕКЦИЯ №16

Тема №5 «Основы АСУ и автоматизированные системы оперативного управления пожарной охраны»

5.4. Назначение, состав и решаемые задачи АСОУПО

С 1996г. в Москве функционирует автоматизированная система оперативного управления пожарной охраной (АСОУПО) города, которая по своим характеристикам является одной из лучших в Европе, несмотря на то, что период разработки и ввода в эксплуатацию системы был неоправданно затянут и техническая база системы по этой причине устарела и нуждается в модернизации.

Целью создания и внедрения АСОУПО является снижение материальных потерь от пожаров, повышение безопасности людей и снижение социальных потерь, повышение качества надзорно-профилактической деятельности ПО и снижение на этой основе количества пожаров. Достижение этой цели осуществляется за счет повышения эффективности и качества решения оперативных задач и деятельности служб пожарной охраны, улучшения анализа, планирования и контроля профилактических противопожарных мероприятий.

На АСОУПО возлагается автоматизация следующих основных функций ПО:

- прием и обработку сообщений (заявок) о пожарах, поступающих по спецлиниям «01» и другим видам связи, диспетчер, приняв заявку, вводит ее в компьютер и автоматизированно получает уточняющие сведения об объекте;
- расчет и высылку пожарной техники на пожары (формирование оптимального состава техники и пожарных частей, передача приказов в части на выезд техники и т.д.);
- автоматический учет пожарной техники и ее состояния, получение сводных статистических и справочных данных о пожарах и пожарной технике, их корректировка.

В состав программно-аппаратного комплекса АСОУПО входят:

- система оперативно-диспетчерской связи (СОДС);
- система оперативно-диспетчерского управления (СОДУ);
- информационно-справочная система пожарной безопасности.

Назначением СОДС является доставка в ЦУС заявок о пожарах, организация связи между ЦУС, пожарными частями, спецслужбами, охраняемыми объектами и личным составом, находящимся на пожаре. СОДС состоит из двух систем: оперативно-диспетчерской радиосвязи (СОДРС) и оперативно-диспетчерской телефонной связи (СОДТС).

СОДРС служит для обеспечения двухсторонней УКВ радиосвязи между центром АСОУПО, пожарными частями, личным составом на пожаре и т.д. СОДТС выполняет те же функции, но с помощью всех видов телефонной связи.

Автоматизированные системы управления и связь

Система оперативно-диспетчерского управления – это интеллектуальное ядро АСОУПО, которое обеспечивает сбор, хранение и обработку данных для автоматизированного решения задач по оперативному управлению силами и средствами. Фактически это совокупность автоматизированного решения задач, реализующих логически завершённые операции технологии организации пожаротушения.

Центральным элементом СОДУ является локальная информационно-вычислительная сеть, размещённая в Центре АСОУПО, состоящая из программного обеспечения, информационного обеспечения и комплекса технических средств (КТС). К КТС относятся головной вычислительный комплекс, используемый для решения оперативных задач и информационно-вычислительный комплекс, предназначенный для решения задач информационно-справочной системы, и терминального оборудования, обеспечивающего коммуникацию пользователя с системой и её функционирование и включающего рабочие станции диспетчеров на местах и в службах УПО, печатающие устройства, светоплан города, информационное табло коллективного пользования с отображением состояния технических средств в пожарных частях и средства телекоммуникационного оборудования.

При одновременном (или с незначительным смещением во времени) возникновении более двух пожаров в городе, быстром усложнении оперативной обстановки диспетчеры не в состоянии без наличия средств автоматизации рационально (тем более оптимально) управлять силами и средствами гарнизона пожарной охраны. Ощутимые издержки во времени образуются за счёт его потерь на обоснованный выбор имеющейся в наличии техники, установление связи, выдачу приказов и контроль за их исполнением. Неоправданно теряется время на текущую ручную регистрацию основных управленческих решений приказов по использованию сил и средств, текущему учёту. В экстремальных условиях, создающихся при сложной оперативной обстановке в городе, резко возрастают ошибки как диспетчера, так и руководителей, организующих тушение пожаров.

Для управления силами и средствами тушения пожара создается автоматизированная система оперативного управления пожарной охраной (АСОУПО), структура которой определяется сложностью решаемых задач, а её эффективность – степенью автоматизации решения этих задач. Основные задачи оперативного управления силами и средствами тушения пожаров в гарнизонах пожарной охраны, решаемые АСОУПО, следующие:

1. Хранение информации о состоянии всех видов пожарной техники в гарнизоне.
2. Хранение справочных данных об объектах.
3. Хранение типовых программ тушения пожаров различных рангов (номеров).
4. Хранение расписания выездов пожарных подразделений на тушение пожаров.
5. Прием и автоматическая регистрация всех видов информации.
6. Автоматизация диалога “диспетчерский пункт – заявитель”.
7. Автоматизация селекций полезной информации.

Автоматизированные системы управления и связь

8. Автоматизация анализа поступающей информации и выработки оптимального управленческого решения.
9. Автоматизация передачи приказов пожарным частям.
10. Автоматизация контроля исполнения приказов.
11. Автоматизация восстановления сведений об изменении состава пожарной техники в пожарных частях, на пожарах.
12. Автоматизация выбора оптимального маршрута до места пожара.
13. Хранение и автоматизация поиска оперативных планов тушения пожаров конкретных объектов.
14. Автоматизация отображения оперативной обстановки в городе на электрифицированном светоплане.
15. Автоматизация отображения наличия пожарной техники в частях применительно к реальному масштабу времени.
16. Автоматизация отображения на световом плане города маршрута движения к месту пожара пожарной техники в реальной топографии и реальном масштабе времени.
17. Автоматизация контроля времени прибытия пожарной техники на пожар и в пожарную часть.
18. Автоматизация прогнозирования развития пожаров для наиболее важных объектов.
19. Автоматизация выработки упреждающих управленческих решений по тушению пожаров.
20. Обеспечение круглосуточной надежной оперативной связи.

Объектом автоматизации при внедрении АСОУПО является организационно-управленческая деятельность ЕДДС "01" по привлечению территориальных пожарно-спасательных формирований и управлению ими при тушении пожаров и ликвидации последствий ЧС.

Цель создания АСОУПО - совершенствование автоматизации процесса принятия решения персоналом ЕДДС "01" и реализации задач по оперативному управлению пожарно-спасательных формирований при тушении пожаров (ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций) в населенных пунктах и на объектах и, как следствие этого, повышение эффективности оперативно-тактической деятельности территориальных органов управления по делам ГОЧС.

АСОУПО позволяет повысить эффективность деятельности пожарно-спасательных формирований путем:

- сокращения времени на обработку заявки по пожарам (ЧС), а также принятия управленческих решений по реагированию;
- устранения ошибок в диспетчировании сил и средств;
- обеспечения возможности привлечения оптимального количества сил и средств, необходимых для тушения пожаров (ликвидации последствий ЧС) в населенном пункте и на объектах;
- оперативного представления персоналом ЕДДС «01» должностным лицам территориальных органов управления по делам ГОЧС, ГПС оперативного штаба на пожаре (ликвидации ЧС) наиболее полной и наглядной информации об объекте пожара (ЧС), наличии и состоянии ближайших к объекту источников

Автоматизированные системы управления и связь

наружного противопожарного водоснабжения и рационализации на основе этой информации действий сил и средств;

- организации действенного контроля за несением службы в условиях повседневной деятельности и готовностью сил и средств к боевым действиям;
- повышения обоснованности принимаемых решений на основе расширения состава функциональных задач и увеличения объемов оперативной информации;
- оперативного получения и анализа данных о районах пожара (ЧС), представленных в виде картографической информации, схем размещения, планов объектов;
- ускорения подготовки проектов управленческих решений путем автоматизированного формирования необходимых документов, в том числе графических;
- снижения частоты ошибок при приеме и обработке информации.

АСОУПО обеспечивает информационную поддержку следующих видов деятельности:

- прием и обработка заявок о пожарах (ЧС), включая формирование приказов на привлечение сил и средств на их ликвидацию;
- учет и контроль за состоянием и дислокацией, пожарной и специальной аварийно-спасательной техники и вооружения;
- разработка регламентных документов службы, определение порядка привлечения сил и средств для тушения пожаров (ликвидации последствий ЧС) в населенных пунктах и на объектах;
- передислокация подразделений в зависимости от режимов функционирования;
- предварительное планирование боевых действий;
- управление боевыми действиями на пожаре (ЧС), осуществление в установленном порядке учета изменения обстановки, применения сил и средств, а также регистрацию необходимой информации;
- проведение других мероприятий, направленных на обеспечение установленного порядка несения службы и повышение эффективности боевых действий на пожаре (ЧС).

В основу построения АСОУПО должны быть положены типовые решения, однако, для каждого конкретного гарнизона пожарной охраны могут быть свои особенности. Одной из них является фактическая интенсивность вызовов, поступающих в сети связи гарнизона, которую количественно необходимо определить на этапе предпроектных изысканий. Именно интенсивность потока вызовов является основой для оптимизации пропускной способности отдельных подсистем АСОУПО и системы оперативной связи в целом.

Организационно-функциональная структура АСОУПО определяется географическим расположением объектов охраны, дислокацией подразделений пожарной охраны и выполняемыми ими функциями. АСОУПО включает в себя центр управления силами и средствами (ЦУС) УГПС (ОГПС), пункты связи пожарных частей, службы взаимодействия, объекты защиты.

Автоматизированные системы управления и связь

В общем виде структурная схема АСОУПО состоит из следующих взаимосвязанных составных частей (систем), представленных на рис. 1:

- система оперативно-диспетчерского управления (СОДУ);
- система оперативно-диспетчерской связи (СОДС);
- система организационного и правового обеспечения (СОПО);
- информационно-управляющая вычислительная система (ИВС).

Система оперативно-диспетчерского управления условно разделена на две подсистемы: вычислительную подсистему и подсистему телеобработки данных, предназначенные для решения оперативно-тактических задач управления силами и средствами пожаротушения.

СОДУ разделяется на центральную СОДУ (СОДУ-Ц), размещаемую на ЦУС гарнизона, и комплекс аппаратуры телемеханики и связи (КАТМиС), который находится в каждой пожарной части. В состав СОДУ-Ц должны входить комплекс технических средств (КТС), информационное обеспечение (ИО) и программное обеспечение (ПО). Программное обеспечение предназначено для решения функциональных задач и телеобработки.

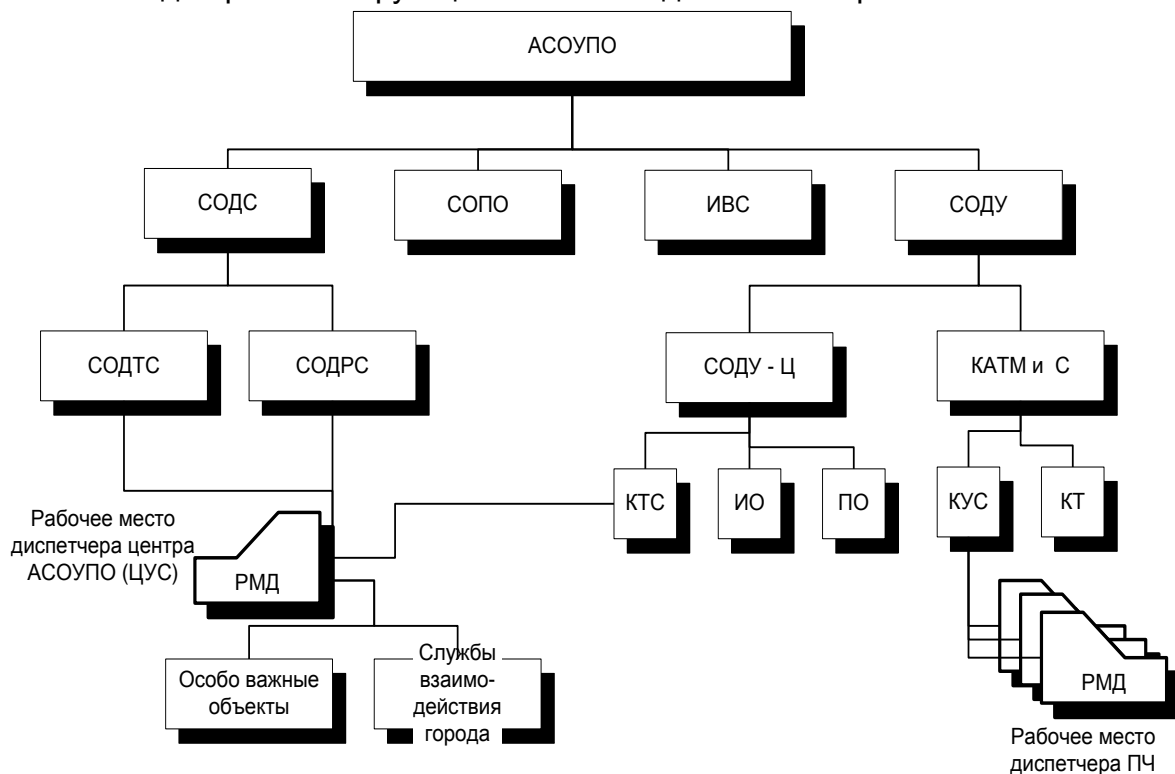


Рис. 1. Структурная схема АСОУПО

В состав КАТМиС входят комплекс устройств связи (КУС) и комплекс телемеханики (КТ), органы управления которых должны выводиться на рабочее место диспетчера (РМД) пожарной части.

Система оперативно-диспетчерской связи состоит из двух подсистем: подсистемы оперативной диспетчерской телефонной связи (СОДТС) и подсистемы оперативно-диспетчерской радиосвязи (СОДРС), предназначенных для сбора и обмена информацией между подразделениями и службами пожарной охраны, оперативным составом и мобильными подразделениями, а также

Автоматизированные системы управления и связь

заявителями и экстренными службами города (милиция, водопроводная, энергетическая, газоаварийная и медицинская службы).

Конкретные технические и организационные решения по СОДС, СОДУ, СОПО и ИВС устанавливаются в проектной документации на АСОУПО.

Для обеспечения функционирования АСОУПО в гарнизоне пожарной охраны создается центр АСОУПО и пункты связи пожарных частей (ПСЧ) или отрядов (ПСО).

Функциональная схема АСОУПО представлена на рис. 2. Сообщение о пожаре поступает в подсистему приема и автоматической регистрации информации (ПП и АРИ) и анализируется подсистемой анализа информации (ПАИ), которая с помощью имеющихся сведений в подсистеме информационно-справочного фонда (ИСФ) и типовых программ подсистемы расписаний (ППР) выдает соответствующие возникшей оперативной ситуации данные подсистеме управленческого решения (ПУР).

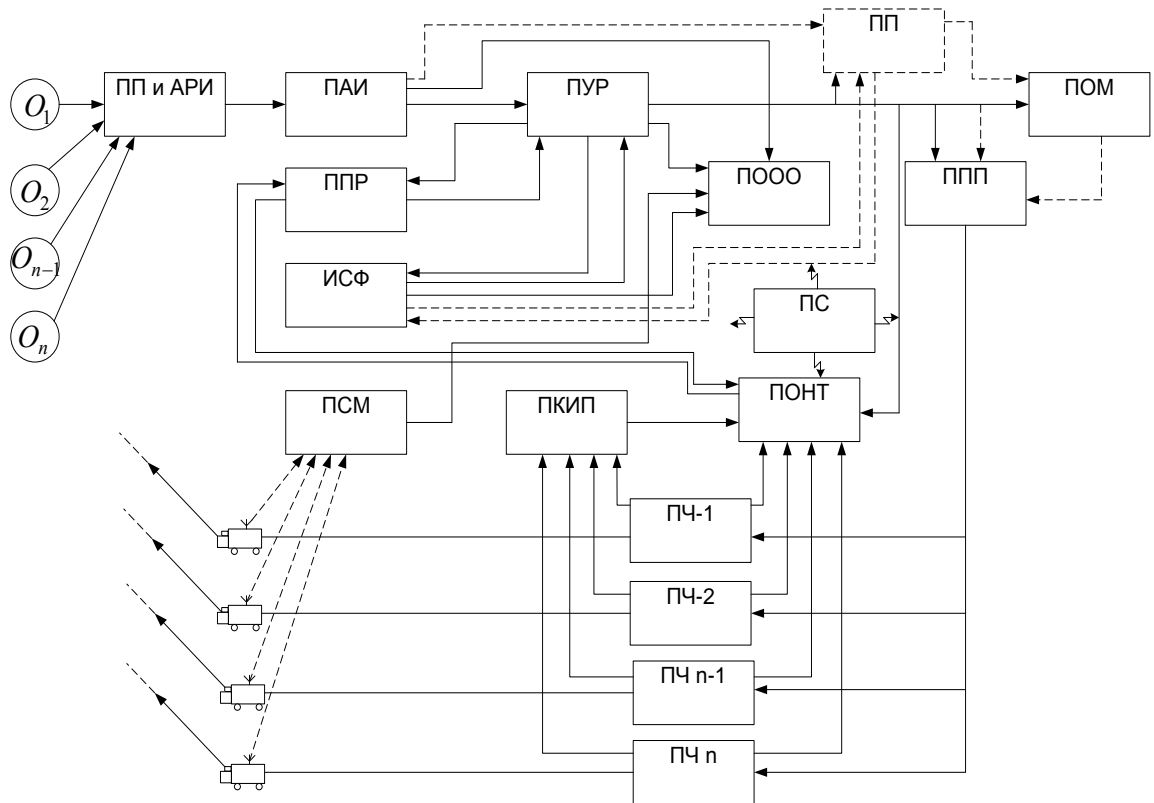


Рис. 2. Функциональная схема АСОУПО

Управленческое решение – это приказ на выезд соответствующим пожарным подразделениям, который передается автоматически подсистемой передачи приказов (ППП) по команде диспетчера пожарным частям. Исполнение приказа – выезд пожарных автомобилей – автоматически контролируется на диспетчерском пункте подсистемой контроля и исполнения приказов (ПКИП) вследствие поступления сигналов от датчиков, установленных в местах стоянок автомобилей в пожарных частях. При наличии подсистемы прогнозирования (ПП) развития пожара и выработки упреждающих решений приказы формируются с учетом выданных указанной подсистемой прогнозов.

Автоматизированные системы управления и связь

Подсистема оптимизации маршрута (ПОМ) на основании полученного адреса пожара выдает оптимальный маршрут следования каждой пожарной части в целях сокращения времени прибытия на место пожара. А подсистема слежения маршрута (ПСМ) обеспечивает автоматическое слежение за движением пожарных автомобилей по городу с выдачей подтверждающего сигнала на диспетчерский пункт о времени прибытия каждой машины на место пожара. Подсистема отображения оперативной обстановки (ПООО) управляет электрифицированным светопланом города.

Вся информация о наличии техники в пожарных частях гарнизона и ее убытии из пожарных депо отображается на световом табло с указанием текущего времени. С помощью подсистемы отображения наличия техники (ПОНТ) диспетчер в любое время имеет достоверные сведения о количестве техники в боевой готовности в пожарных частях.

5.5. Автоматизированные системы оповещения

В комплексе мероприятий, обеспечивающих защиту населения и территорий, важное место занимает оповещение населения об опасностях, возникающих при чрезвычайных ситуациях. В соответствии с Федеральными законами «О гражданской обороне», «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и Положением о единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), одной из задач федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций является создание и поддержание в постоянной готовности к использованию систем оповещения гражданской обороны на территории Российской Федерации. Указанные системы призваны реализовать одну из важнейших гуманитарных задач – оповещение граждан Российской Федерации о возникающих угрозах их жизни, здоровью и имуществу, а также информирование об обстановке и правил их поведения в чрезвычайных ситуациях.

Системы оповещения ГО являются составной частью системы управления гражданской обороной Российской Федерации и представляют собой организационно-техническое объединение сил и специальных технических средств оповещения, сетей вещания, каналов сети связи общего пользования и ведомственных сетей связи для передачи условных сигналов и речевой информации до органов управления, должностных лиц и населения в чрезвычайных ситуациях. На каждом уровне системы управления РСЧС (федеральный, межрегиональный, региональный, муниципальный и объектовый) действуют соответствующие системы централизованного оповещения, а также локальные системы оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов.

Автоматизированные системы централизованного оповещения созданы во всех региональных центрах и обеспечивают доведение сигналов (распоряжений)

Автоматизированные системы управления и связь

и информации оповещения от пунктов управления региональных центров до подчиненных им органов управления ГОЧС субъектов Российской Федерации и подразделений ГО.

Структурная схема системы централизованного оповещения МЧС России представлена на рис. 3.

Федеральная система оповещения гражданской обороны обеспечивает в автоматизированном режиме доведения сигналов (распоряжений) и информации оповещения от пунктов управления МЧС России до федеральных органов исполнительной власти и организаций Российской Федерации, региональных центров; органов управления ГОЧС субъектов Российской Федерации, соединений и подразделений гражданской обороны, подведомственных МЧС России учреждений менее чем за 1 минуту, до взаимодействующих федеральных органов исполнительной власти - до 5 мин. Кроме того, федеральная система оповещения обеспечивает в автоматизированном режиме прием сигналов управления (распоряжений) и оповещения:

- от генерального штаба (ГШ) ВС РФ – по радио-, выделенным телефонным и телеграфным каналам связи и по системе ЦБУ «Вьюга»;
- от центрального командного пункта (ЦКП) ВВС России - по выделенным телефонным и телеграфным каналам связи;
- от штаба Московского военного округа - по радио в радиосети округа и по аппаратуре П-161М автоматизированной системы оповещения округа.

Межрегиональные системы оповещения обеспечивают доведения сигналов (распоряжений) и информации оповещения от региональных центров до подчиненных органов управления ГОЧС субъектов Российской Федерации, соединений и подразделений гражданской обороны за время не более 1 минуты. Региональные центры, соединения и подразделения ГО межрегионального подчинения оповещаются по линии соответствующих военных округов - по радио в радиосетях оповещения военных округов и по аппаратуре П-161М автоматизированных системы оповещения округов.

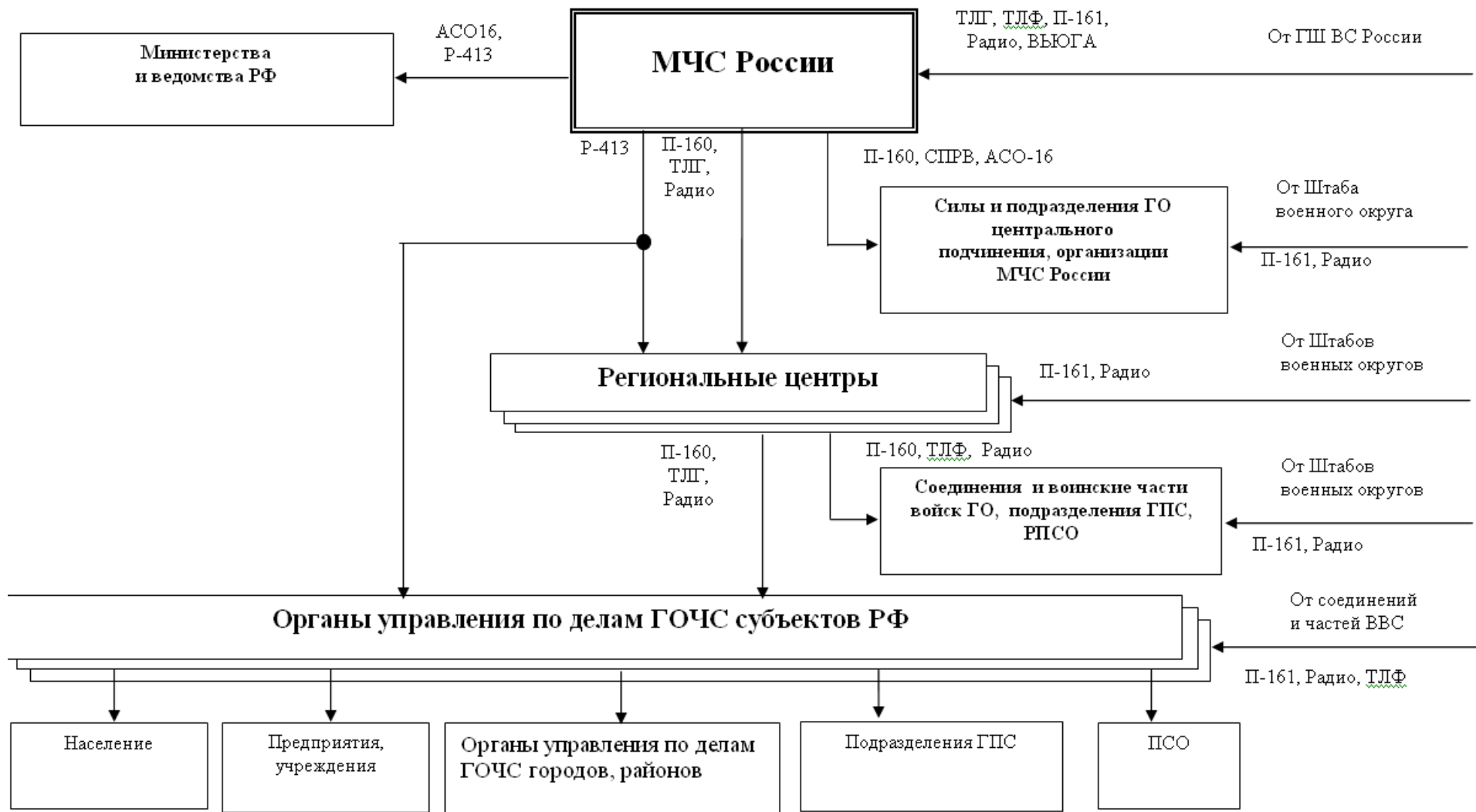


Рис.3. Структурная схема системы оповещения гражданской обороны Российской Федерации

Региональные системы оповещения обеспечивают доведения сигналов (распоряжений) и информации оповещения от органов управления ГОЧС субъектов Российской Федерации до: органов, осуществляющих управление гражданской обороной на территории города, городского и сельского района; руководящего состава гражданской обороны и руководителей республиканских, краевых, областных, автономных областей, автономных округов, г.Москвы и г.Санкт-Петербурга служб гражданской обороны; оперативных дежурных служб (диспетчеров) потенциально опасных объектов и других объектов экономики, имеющих важное оборонное и экономическое значение или представляющих высокую степень опасности возникновения чрезвычайных ситуаций для населения, проживающего на территории субъекта Российской Федерации.

Схема организационно-технического построения региональной автоматизированной системы централизованного оповещения на базе аппаратуры оповещения П-166 представлена на рис. 4.

Муниципальные (местные) системы оповещения обеспечивают доведение сигналов (распоряжений) и информации оповещения от органов, осуществляющих управление гражданской обороной на территории города, городского или сельского района до: оперативных дежурных служб (диспетчеров) потенциально опасных объектов и других объектов экономики, имеющих важное стратегическое и экономическое значение или представляющих высокую степень опасности возникновения чрезвычайных ситуаций; руководящего состава гражданской обороны города, городского и сельского районов, а также руководителей районных и городских служб гражданской обороны; населения, проживающего на территории города, городского или сельского района.

В субъектах Российской Федерации функционирует порядка 90 автоматизированных региональных систем централизованного оповещения, которые обеспечивают доведение сигналов (распоряжений) и информации оповещения от органов управления ГОЧС субъектов Российской Федерации до населения и до органов управления гражданской обороной городов, городских и сельских районов.

Действующие региональные автоматизированные системы оповещения при комплексном использовании каналов и сетей связи (проводных, радио, проводного и эфирного радиовещания, телевидения) обеспечивают оповещение до 80% населения Российской Федерации в течение 5 минут, оповещение органов управления гражданской обороной на территории городов, городских и сельского районов осуществляется в течение 1 мин.

Порядок использования электронных средств массовой информации для оповещения населения определен в Положении о порядке использования действующих радиовещательных и телевизионных станций для оповещения и информирования населения Российской Федерации в чрезвычайных ситуациях.

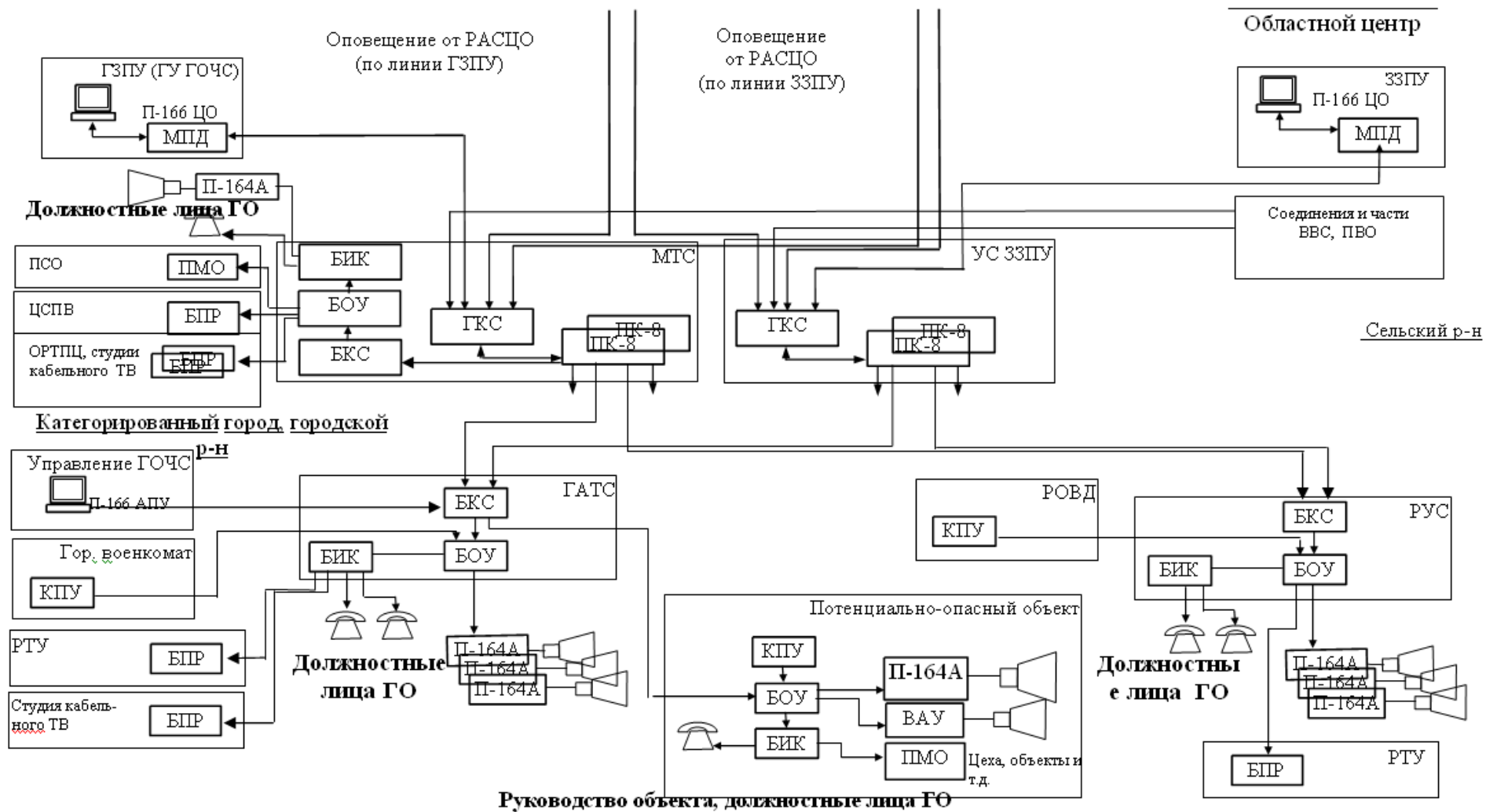


Рис. 4. Схема организационно-технического построения региональной автоматизированной системы централизованного оповещения на базе аппаратуры оповещения П-166

Сигналы (распоряжения) и информация оповещения передаются оперативными дежурными службами органов, осуществляющих управление гражданской обороной, вне всякой очереди с использованием всех имеющихся в их распоряжении средств связи и оповещения. Основным способом оповещения и информирования населения - передача речевых сообщений по сетям вещания с перерывом вещательной программы. При этом задействование радиотрансляционных сетей, радиовещательных и телевизионных станций (независимо от форм собственности) осуществляется оперативной дежурной службой органа, осуществляющего управление гражданской обороной, только для оповещения и информирования населения в речевой форме с перерывом программ вещания длительностью не более 5 минут.

В целях обеспечения устойчивого функционирования систем оповещения гражданской обороны предусматривается:

- доведение сигналов (распоряжений) и информации оповещения с нескольких территориально разнесенных защищенных пунктов управления;
- комплексное использование нескольких территориально разнесенных систем (каналов, линий) связи на одном направлении оповещения;
- размещение используемых в интересах оповещения средств связи и оповещения на защищенных пунктах управления.

Аппаратура управления региональной системы централизованного оповещения (СЦО) образует три звена верхнее, среднее и нижнее. Верхние звенья комплекса аппаратуры устанавливаются в органах управления ГО и на запасных пунктах управления данного субъекта Российской Федерации. В этих звеньях формируются и передаются команды (сигналы) управления, а также осуществляется контроль за их прохождением.

Средние звенья размещаются на промежуточных узлах Минсвязи России, где происходит прием сигналов управления от верхнего звена и их ретрансляция в нижние звенья с передачей подтверждения в верхнее звено, а также включение средств оповещения.

Нижние звенья размещаются в конечных пунктах оповещения и обеспечивают прием сигналов управления, передачу подтверждений в средние звенья и включение средств оповещения данного звена оповещения.

Региональные СЦО строятся с таким расчетом, чтобы можно было обеспечить одновременное (циркулярное) или выборочное включение нижних звеньев с набором соответствующих средств оповещения. Передача сигналов оповещения в СЦО осуществляется по междугородным телефонным каналам связи государственной сети, причем эти каналы отбираются только на время передачи сигнала управления, после чего они автоматически возвращаются потребителям.

При автоматизированном способе передача сигналов (команд), речевой информации от старших до подчиненных органов управления осуществляется по государственным каналам связи с использованием комплекса специальной аппаратуры и технических средств оповещения. Для передачи сигналов автоматизированным способом заблаговременно создаются автоматизированные системы централизованного оповещения гражданской обороны (АСЦО ГО),

Автоматизированные системы управления и связь

которые представляют собой комплекс специальных технических средств, сопряженных с государственными каналами связи, сетями проводного, телевизионного и радиовещания, предназначенный для передачи сигналов (команд), речевой информации до органов управления, должностных лиц и населения.

Локальные системы оповещения предназначены для обеспечения доведения сигналов и информации оповещения предназначены для обеспечения доведения сигналов и информации оповещения до:

- руководителей и персонала объектов;
- объектовых сил и служб гражданской обороны;
- руководителей (дежурных служб) объектов (организаций), расположенных в зоне действия соответствующей локальной системы оповещения;
- оперативных дежурных служб органов управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям субъекта Российской Федерации, города, городского района;
- населения, проживающего в зоне действия локальной системы оповещения.

При авариях (катастрофах), прогнозируемые последствия которых не выходят за границы потенциально опасного объекта, оповещаются:

- руководители и персонал объекта;
- объектовые силы и службы гражданской обороны;
- оперативные дежурные службы управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям (ГОЧС) субъекта Российской Федерации, города, городского района.

При авариях, прогнозируемые последствия которых выходят за границы потенциально опасного объекта дополнительно оповещаются:

- персонал (руководители, дежурные службы) объектов (организаций), расположенных в зоне действия локальной системы оповещения;
- население, проживающее в зоне действия локальной системы оповещения.

ЛЕКЦИЯ №17

Тема №6 «Современные инфокоммуникационные технологии передачи информации»

6.1. Понятие о системах телеобработки

Расширение сферы использования вычислительной техники влечет за собой необходимость постоянного повышения производительности и расширения функциональных возможностей компьютеров, которые по сути дела превратились в сложные **вычислительные системы**. Естественно, вычислительная система должна оставаться **интерактивной**, т.е. обеспечивать каждому пользователю возможность оперативного взаимодействия с системой на всех этапах решения задач.

При увеличении числа пользователей, как правило, возникает задача подключения к вычислительной системе удаленных абонентских пунктов, с помощью которых осуществляется доступ к вычислительным ресурсам. **Абонентские пункты** представляют собой устройства ввода-вывода, оснащенные дополнительной аппаратурой для подключения к каналам передачи данных. В качестве устройств ввода-вывода могут использоваться клавиатура и дисплей или даже персональный компьютер; при добавлении к ним специальной аппаратуры, например модема, эти устройства превращаются в абонентские пункты.

Пользователи, находящиеся на значительном удалении друг от друга и от самой вычислительной системы, могут использовать специальные средства (аппаратуру) для передачи данных между удаленным абонентским пунктом и вычислительной системой. Подобная вычислительная система, включающая в свой состав аппаратуру передачи данных, называется **системой телеобработки данных** или просто системой телеобработки.

Основным назначением системы телеобработки является предоставление большому числу территориально распределенных пользователей доступа к общим вычислительным ресурсам. Кроме того, являясь многопользовательской, система телеобработки позволяет своим абонентам осуществлять эффективный обмен информацией между собой. Все это определяет ряд дополнительных преимуществ систем телеобработки по сравнению с однопользовательскими системами:

- вычислительные мощности системы телеобработки концентрируются в едином вычислительном центре, где могут быть созданы наиболее комфортные условия для эксплуатации суперкомпьютеров;
- концентрация вычислительных мощностей позволяет избежать распыления дорогостоящего оборудования, снизить затраты на эксплуатацию и повысить качество обслуживания вычислительной техники.

Таким образом, системы телеобработки позволяют:

- повысить эффективность использования дорогостоящего оборудования, расширяя число пользователей, удаленных от вычислительной системы;

Автоматизированные системы управления и связь

- расширить сферу применения вычислительных средств за счет установки терминалов у ряда пользователей, для которых создание собственных вычислительных центров экономически невыгодно;
- создавать территориально-распределенные информационно-справочные системы и автоматизированные системы управления;
- уменьшить количество объектов капитального строительства и затрат на приобретение, установку и обслуживание оборудования;
- создавать банки данных и пакеты прикладных программ, предназначенные для многочисленных пользователей.

Все это, естественно, способствует более широкому внедрению вычислительной техники в управление подразделениями пожарной охраны. Например, системы телеобработки широко используются в автоматизированных системах управления с рассредоточенными на значительной территории защищаемыми объектами, в информационно-вычислительных системах взаимодействия рассредоточенных пользователей и т.п.

В зависимости от режимов работы различают следующие системы телеобработки:

- **системы сбора данных**, которые являются самыми простыми системами телеобработки и обеспечивают передачу информации в одном направлении, т.е. от абонентских пунктов к компьютеру. Примером подобных систем являются системы диспетчерской службы, собирающие информацию от абонентских систем, обрабатывающие и передающие ее затем на центральный диспетчерский пункт;

- **информационно-справочные системы**, предоставляющие пользователю доступ к централизованному источнику информации. Характерной чертой данных систем является наличие достаточно большого банка данных, обеспечивающего пользователей необходимой информацией и двусторонняя передача информации, хотя все еще ограниченного характера и фиксированной структуры;

- **информационно-управляющие системы**, основным назначением которых является сбор оперативной информации с последующим принятием решений по управлению объектом или процессом. В этих системах наряду с передачей данных большое внимание уделяется обработке информации, которая во многих случаях занимает основную часть ресурсов системы;

- **системы реального времени**. К этим системам относятся информационно-управляющие системы, обеспечивающие передачу и обработку данных со скоростью, соответствующей скорости протекания управляемого или контролируемого процесса. Как и все предыдущие, данные системы относятся к проблемно ориентированным системам;

- **системы коллективного пользования**. В отличие от перечисленных выше систем, данные системы являются более универсальными и ориентированы на интерактивный режим работы удаленных пользователей. Класс решаемых при этом задач различен и ограничивается только аппаратными и функциональными возможностями самой системы телеобработки.

Независимо от режима работы любая из систем телеобработки выполняет следующие характерные функции:

Автоматизированные системы управления и связь

- ввод-вывод информации с удаленных абонентских пунктов;
- преобразование информации к виду, удобному для передачи по каналам связи;
- собственно передачу информации по каналам связи;
- преобразование информации, получаемой по каналам связи, к виду, удобному для представления ее в компьютере;
- ввод информации в компьютер;
- обработку информации;
- обратный цикл преобразования информации для ее передачи пользователю.

Как правило, каждая из этих функций выполняется с помощью специальных программ, составляющих **процедуры теледоступа**, к которым относятся: передача файлов, удаленный ввод заданий и дистанционное управление вычислительным процессом.

Так, **процедура передачи файлов** представляет собой совокупность функций, обеспечивающих надежную передачу файлов данных между абонентскими системами и компьютером. Файл представляет собой блок данных, оформленный некоторым стандартным образом и сопровождаемый необходимой управляющей информацией. Процедура передачи файлов реализуется средствами системы телеобработки практически без участия пользователя.

Процедура удаленного ввода заданий осуществляется при непосредственном участии пользователя, которому предоставляется возможность оперативного управления вводом информации в вычислительную систему. При этом пользователь может проверять правильность ввода данных, осуществлять необходимую корректировку и изменять сам процесс ввода информации.

Процедура дистанционного управления вычислительным процессом предоставляет пользователю возможность отслеживать и оказывать оперативное воздействие на процесс выполнения его заданий. Управление осуществляется с помощью специального языка управления заданиями.

Естественно, что реализация этих функций должна обеспечиваться взаимосвязанным комплексом технических и программных средств, совокупность которых образует систему телеобработки. Технические средства системы телеобработки включают компьютер, каналы передачи данных, устройства сопряжения каналов передачи данных с компьютером и абонентские пункты. Компьютер является основным источником вычислительных ресурсов для пользователей системы телеобработки. **Каналы передачи данных** предназначены для передачи данных между абонентскими пунктами и компьютером системы телеобработки. **Устройства сопряжения аппаратуры передачи данных** с компьютером обеспечивают согласование каналов передачи данных с соответствующими устройствами компьютера и, как правило, позволяют подключать к нему достаточно большое число абонентских пунктов.

В свою очередь, программные средства поддерживают работу технических средств, обеспечивая **интерфейс** (взаимодействие) **пользователя** с системой телеобработки.

Автоматизированные системы управления и связь

С начала 60-х гг. многие фирмы занялись производством оборудования для систем телеобработки. Поэтому почти сразу же возникли проблемы стандартизации, унификации и стыковки выпускаемого оборудования. В связи с этим к разработке систем телеобработки подключились различные национальные и международные организации, что позволило разработать общие концепции и стандарты построения систем телеобработки.

К наиболее существенным результатам совместных работ в этом направлении следует отнести формирование новой тенденции в развитии вычислительной техники, которая характеризуется переходом к так называемым **открытым вычислительным системам**. И если раньше каждая фирма использовала свои собственные стандарты на конструктивное исполнение устройств и средств их сопряжения, то с переходом к открытым системам разработка устройств стала осуществляться с учетом международных стандартов на интерфейсы. Например, открытая система телеобработки предполагает использование стандартного международного интерфейса для подключения внешнего оборудования. Соответственно любое внешнее оборудование, рассчитанное на подключение к открытой системе телеобработки, должно использовать данный интерфейс. При этом следует отметить, что состав и функции подключаемого устройства не являются определяющими.

Одним из важнейших элементов стандартизации любой сложной системы, в том числе и системы телеобработки, является построение формальной модели взаимодействия ее основных элементов. В процессе функционирования системы телеобработки реализуются разнообразные формы взаимодействия ее элементов, включая передачу физических сигналов по линиям связи и логическое взаимодействие на уровне обмена управляющей информацией. С увеличением сложности системы количественно и качественно возрастает число функций взаимодействия ее элементов, что определяет необходимость разбиения их на группы в соответствии с определенными признаками, например, функциональной независимостью групп, которая подразумевает возможность изменения функций одной группы без изменения функций других групп. Каждой группе функций назначается свой уровень взаимодействия, множество которых образует многоуровневую модель взаимодействия элементов системы. Разбиение на уровни осуществляется таким образом, чтобы каждый уровень был максимально независим от других уровней, т.е. изменение параметров одного из них не приводило бы к изменениям в других уровнях. Для систем телеобработки наиболее характерна трехуровневая модель взаимодействия элементов, которая представлена на рис. 1.

Самым нижним (первым) уровнем этой модели является **физический уровень**, на котором определяют физические параметры и правила соединения между собой элементов системы телеобработки, например подключение абонентских пунктов к каналам передачи данных. На данном уровне информация представляется в виде последовательности сигналов, соответствующих двоичным кодам.

Автоматизированные системы управления и связь

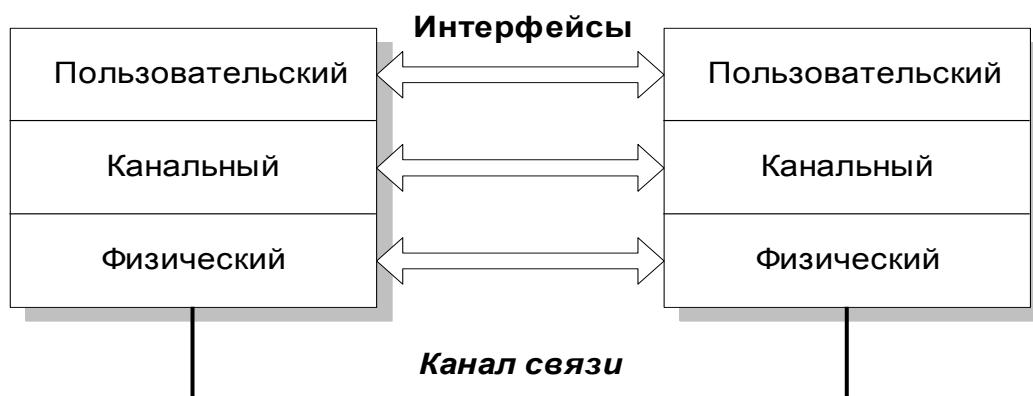


Рис. 1. Уровни интерфейса систем телеобработки

Вторым является канальный уровень или уровень **звена передачи данных**. На этом уровне определяются правила управления передачей информации по коммуникационному каналу. Начиная с данного уровня в качестве структурной единицы информации рассматривается блок данных, представляющий собой информационную или управляющую последовательность определенной структуры, в общем случае состоящую из заголовка и тела блока. Заголовок содержит адресную и управляющую части, тело блока содержит передаваемую информацию. Блок данных канального уровня принято называть **кадром данных**. В совокупности физический и канальный уровни определяют подсистему передачи.

Правила (протоколы) взаимодействия абонентов (пользователей) с системой телеобработки определяются третьим уровнем, получившим название **пользовательский уровень**. Данный уровень является независимым от нижних уровней и позволяет пользователю общаться с системой телеобработки, не касаясь других уровней, т.е. ему нет необходимости подробно знать структуру системы телеобработки, ее устройств, а также особенности передачи информации на физическом и канальном уровнях.

6.2. Организация передачи данных

В общем случае информация от источника к получателю поступает через среду передачи – **коммуникационные каналы**. В системах телеобработки могут использоваться воздушные, проводные или кабельные каналы, скрученная пара проводников, коаксиальный кабель, радиоканалы, волноводы, волоконно-оптические линии связи и т.п. В настоящее время наибольшее распространение получили электрические проводные каналы, при этом используются как специально выделенные линии связи, так и линии связи сетей общего пользования. Выделенные линии связи специально прокладываются при построении систем телеобработки и используются, как правило, при передаче информации на небольшие расстояния (до 10 км). Однако одних только линий связи недостаточно для надежной передачи информации, необходимо

Автоматизированные системы управления и связь

использовать коммутирующие, усилительные и другие технические средства, которые совместно с передающей средой образуют **канал связи**.

Для передачи данных на значительные расстояния в системах телеобработки преимущественно используются линии связи и технические средства сетей связи общего пользования, представляющие собой коммутируемые аналоговые каналы связи. Данный тип каналов ориентирован на передачу речевой информации в относительно узком диапазоне частот. Как известно, в вычислительных системах для представления данных используются дискретные сигналы. По сравнению с аналоговым (непрерывным) сигналом, дискретный сигнал в заданные моменты времени принимает одно из фиксированных (устойчивых) состояний, соответствующих «нулю» (например, нулевое значение напряжения) или «единице».

Передача данных предъявляет к передающей среде более жесткие требования, особенно по уровню помехозащищенности. Для обеспечения этих требований аналоговые каналы оснащаются специальной аппаратурой. В этом случае говорят о **канале передачи данных** (рис. 2), который представляет собой канал связи, оснащенный специальной аппаратурой для передачи дискретных сигналов. В состав аппаратуры передачи данных входят: автоматические вызывные устройства, устройства защиты от ошибок и устройства преобразования сигналов.

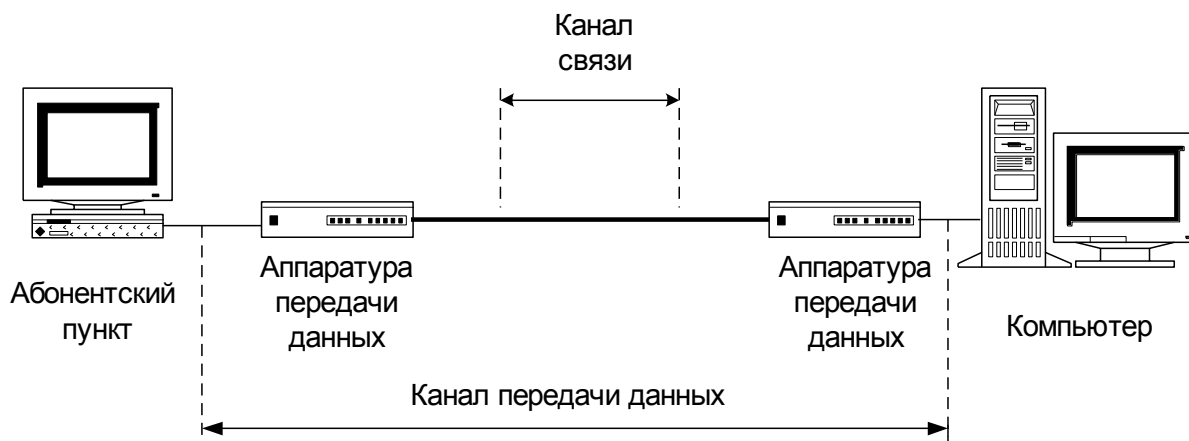


Рис. 2. Структура канала передачи данных

Автоматические вызывные устройства обеспечивают соединение между компьютером и абонентскими пунктами при использовании телефонных каналов связи. Устройство защиты от ошибок служит для обнаружения ошибок при передаче данных.

Одной из основных функций аппаратуры передачи данных является преобразование сигналов, используемых в вычислительной технике, к виду, удобному для передачи по каналам связи. В зависимости от используемых каналов связи применяются различные устройства преобразования сигналов. При передаче данных по телеграфным каналам используются **устройства преобразования сигналов телеграфные**, осуществляющие преобразование однополярных сигналов постоянного тока с амплитудой 12-15 В в биполярные сигналы постоянного тока с амплитудой 60 В.

Автоматизированные системы управления и связь

Для передачи данных по физическим линиям связи на расстояния порядка 10-15 км используются **устройства преобразования сигналов соединительных линий**, среди которых наибольшее распространение получили **устройства преобразования сигналов низкого уровня**, преобразующие дискретные сигналы в сигналы постоянного тока низкого уровня напряжения (не выше 0,5 В), что обеспечивает снижение взаимного влияния сигналов различных цепей.

Большое разнообразие каналов передачи данных определяет их классификацию, которая осуществляется по различным признакам и, в первую очередь, по скорости передачи, в зависимости от которой различают каналы: **низкоскоростные** со скоростью передачи от 50 до 200 бит/с; **среднескоростные** со скоростью передачи до 9600 бит/с; **высокоскоростные** со скоростью передачи свыше 19200 бит/с.

К низкоскоростным относятся телеграфные каналы, информация по которым передается в виде импульсов постоянного тока. Низкая скорость передачи информации и возможные амплитудные искажения импульсов ограничивают использование телеграфных каналов в системах телеобработки, где более широкое применение получили телефонные каналы.

С учетом возможностей изменения направления передачи информации различают каналы: **симплексные**, обеспечивающие передачу информации только в одном направлении; **полудуплексные**, позволяющие предавать поочередно информацию в двух направлениях; **дуплексные**, предающие информацию одновременно в обоих направлениях. Чаще всего в системах телеобработки используются полудуплексные каналы. По сравнению с дуплексными каналами, они дешевле и проще сопрягаются с абонентскими пунктами и компьютером.

В зависимости от способа передачи данных различают каналы с **последовательной** и **параллельной** передачей сигналов. При последовательной передаче двоичные разряды каждого символа передаются последовательно по одним и тем же линиям связи. При параллельной передаче все разряды каждого символа передаются одновременно по отдельным линиям связи. Каналы параллельной передачи данных используются при удалении абонентских пунктов от компьютера в пределах десятков метров. При подключении более удаленных абонентских пунктов экономически выгодно использовать каналы последовательной передачи данных, которые, как правило, и используются в системах телеобработки.

Часто физическое соединение между передатчиком и приемником образуется путем последовательного соединения нескольких каналов передачи данных в единый составной канал. Такая ситуация возникает при передаче информации на значительные расстояния с использованием существующей телефонной сети. В этом случае с помощью нескольких каналов связи и автоматических телефонных станций образуется составной канал, который характеризуется наличием электрической связи между абонентским пунктом и компьютером. В зависимости от режима использования составного канала передачи данных различают некоммутируемые (арендуемые) и коммутируемые каналы. **Некоммутируемым** называется составной канал, который создается и

Автоматизированные системы управления и связь

существует на протяжении определенного интервала времени независимо от передачи информации.

В отличие от арендуемого канала, **коммутируемый** канал создается только на время передачи каждого из сообщений, а в остальное время отдельные составляющие его каналы передачи данных могут быть использованы для других целей. За счет этого стоимость передачи информации по коммутируемым каналам ниже, однако, имеются следующие недостатки: вероятность появления ошибок на один-два порядка выше, чем при передаче данных по арендуемым каналам, время коммутации линий связи в некоторых случаях может быть соизмеримо или превышать сеанс передачи информации. Это, естественно, ограничивает возможность использования коммутируемых каналов в системах реального времени. Можно предположить, что улучшение технических характеристик телефонных сетей общего пользования будет способствовать более широкому использованию коммутируемых каналов для построения систем телеобработки данных.

Как отмечалось выше, каналы передачи данных используются для подключения абонентских пунктов к компьютеру. При использовании составного канала передачи данных его сегменты (звенья) объединяются между собой с помощью промежуточных узлов коммутации. Однако в том и другом случае процессы взаимодействия звена передачи данных с подключаемыми к нему устройствами во многом носят одинаковый характер и эти устройства рассматриваются относительно него в качестве **оконечного оборудования данных**. Введение этого обобщенного понятия связано с формализацией процесса передачи данных. В общем случае к оконечному оборудованию данных относятся: абонентские пункты; компьютеры, подключенные к каналам передачи данных; промежуточные узлы коммутации.

В зависимости от способа соединения различают двухточечное («точка-точка») и многоточечное подключение оконечного оборудования данных к каналу передачи данных. На рис. 2 показано двухточечное подключение устройств оконечного оборудования данных, которыми здесь являются компьютер и абонентский пункт.

При многоточечном способе подключения к одному каналу подсоединяется более двух устройств оконечного оборудования данных. Так, несколько устройств оконечного оборудования данных (как правило, низкоскоростных устройств ввода-вывода) используют общий канал передачи данных для взаимодействия с быстродействующим устройством оконечного оборудования данных, например компьютером. Этим достигается эффективное использование каналов передачи данных.

Эффективное функционирование каналов передачи данных во многом связано с решением вопросов синхронизации, управления передачей данных и согласования (стыковки) аппаратуры канала передачи данных с оконечным оборудованием. При передаче дискретных сигналов возникает необходимость обеспечения синхронности работы оборудования. Это связано с разбросом частотных параметров генераторов этих устройств.

Для исключения подобных ошибок используются различные способы синхронизации. В частности, при передаче информации на короткие расстояния

Автоматизированные системы управления и связь

часто используют дополнительный провод, по которому передаются синхросигналы, однако при больших расстояниях данный подход является экономически нецелесообразным. В этом случае синхронизирующие сигналы (символы) передаются по линиям передачи данных. В зависимости от способа синхронизации различают каналы с асинхронной и синхронной передачей. Следует обратить внимание, что термин **асинхронная передача** не исключает синхронизации, а лишь определяет одну из ее разновидностей.

При **асинхронной** передаче информация передается в канал по одному символу в произвольном темпе. Причем символы синхронизируются отдельно: передача каждого символа сопровождается сигналами «старт» и «стоп».

При двоичной форме представления информации каждый символ представляется в виде последовательности битов фиксированной длины. Количество информационных битов в каждом символе определяется используемым стандартным кодом и зависит от числа символов в нем. В общем случае количество символов, которое можно задать с помощью n битов, определяется величиной 2^n . Например, с помощью пятиэлементного телеграфного кода Бодо можно представить только 32 символа, что явно недостаточно для представления букв, цифр и служебных символов.

В целях расширения кода Бодо введено два специальных символа, которые называются **буквенным регистром** и **цифровым регистром**. Буквенный регистр представляется комбинацией 11111 и указывает на то, что следующие за ним символы являются буквами. Цифровой регистр представляется комбинацией 11011 и соответственно указывает на переход к цифровым символам. Это позволяет использовать один и тот же символ для кодирования цифры и буквы. Следует отметить, что при передаче больших массивов текстовой или цифровой информации количество символов буквенного и цифрового регистров существенно меньше общего числа символов. Статистические исследования показывают, что при передаче текстовой информации в коде Бодо затрачивается в среднем 5,05 бит/зн., что почти на 19 % меньше по сравнению с шестизначным кодом. Особенно ощутимы преимущества кода Бодо при низких скоростях передачи (20-30 бит/с), которые использовались в период создания данного кода. Однако с переходом к более скоростным каналам данное преимущество становится менее ощутимым. Например, для представления 1000 символов с помощью кода Бодо необходимо в среднем 5050 битов. В случае шестизначного кода для этой цели потребуется 6000 битов, а разность составит 950 битов. При скорости передачи, равной 20 бит/с, для передачи дополнительных 950 битов потребуется порядка 16 с. В то же время при скорости 9600 бит/с задержка составит всего 0,1 с. При использовании семиразрядного кода задержка будет около 0,2 с. Отсюда видно, что при высоких скоростях передачи влияние разрядности кода на задержку передачи данных не столь ощутимо. В то же время уже семиразрядный код наряду со строчными и прописными алфавитными символами позволяет закодировать ряд дополнительных символов, необходимых для управления передачей данных.

Наиболее распространенным среди семиразрядных кодов является Американский стандартный код для обмена информацией ASCII (American Standard Code for Information Interchange), одной из версий которого является

Автоматизированные системы управления и связь

Международный код №5, опубликованный Международным консультативным комитетом по телеграфии и телефонии (МККТТ), содержащий в своей кодовой таблице 32 управляющих символа, среди которых имеется четыре общих класса и несколько отдельных символов.

В классы объединяются:

- **символы управления устройствами** – используются для управления вспомогательными устройствами на абонентской системе;
- **символы печати** – используются для управления расположением информации на печатной странице или экране дисплея;
- **разделители информации** – используются для логического разделения элементов данных в целях облегчения их обработки;
- **символы связи**, предназначенные для управления передачей данных по каналам связи.

В случае использования асинхронного метода передачи каждый символ кода ASCII дополняется специальными служебными символами (рис. 3).

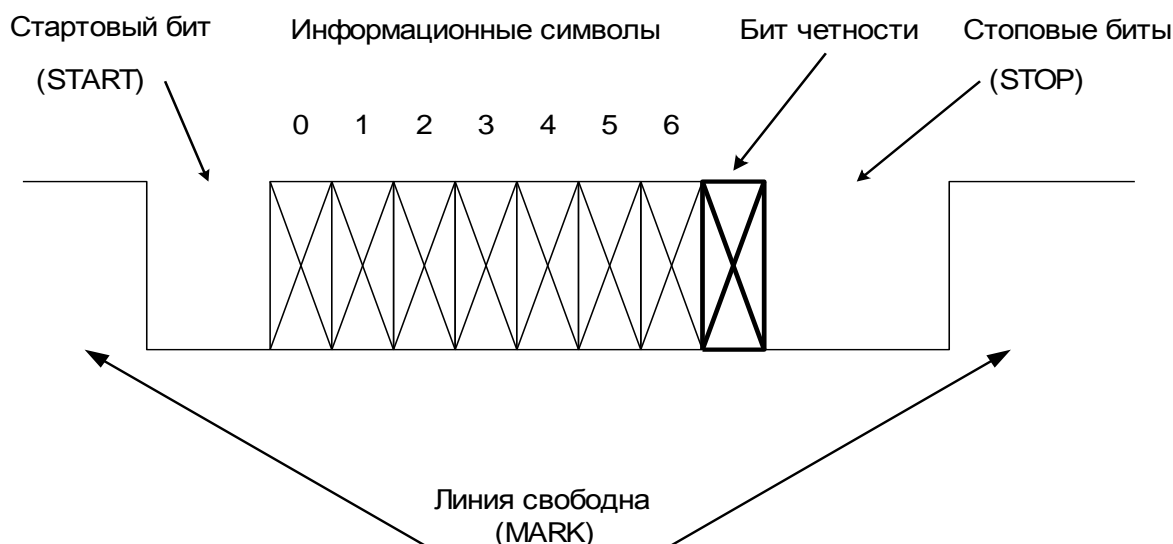


Рис. 3. Структура символов при асинхронной передаче

Следует обратить внимание, что исходное состояние (отсутствие передачи данных) соответствует уровню логической единицы. Это состояние принято называть отмеченным (MARK). Начало передачи символа связано с появлением стартового бита (START), соответствующего логическому нулю.

При задержке передачи данных больше определенного времени считается, что канал перешел в состояние разрыва связи (SPACE). Бит четности используется для контроля правильности передачи данных и принимает такое значение, чтобы в передаваемом символе общее число единиц (или нулей) всегда было четное или нечетное в зависимости от начальной установки регистров устройства оконечного оборудования данных. Приемное устройство заново вычисляет четность принимаемых данных и сравнивает полученный результат с принятым значением бита четности. При несовпадении четности считается, что произошла ошибка в передаче данных. В конце символа

Автоматизированные системы управления и связь

располагаются два стоповых бита (STOP), по уровню соответствующие логической единице. Затем до прихода следующего стартового бита канал снова переходит в исходное состояние (MARK).

Структура передаваемых символов оказывает влияние на **эффективную скорость** передачи данных, под которой понимается *число* информационных (без служебных) битов, передаваемых в секунду (бит/с). **Общая скорость** передачи измеряется в бодах и соответствует всему количеству битов (включая и служебные), передаваемых в секунду. Для кода ASCII отношение эффективной к общей скорости передачи составляет 7/11 или около 64 %. Таким образом, данный способ передачи, называемый также «старт-стопным», является достаточно медленным и используется в основном для передачи данных по телеграфным каналам связи. Широкое использование асинхронной передачи объясняется низкой стоимостью аппаратуры передачи данных, так как к ней предъявляются менее жесткие требования по синхронизации.

В высокоскоростных каналах в основном используется синхронный способ передачи данных, исключающий необходимость вставки в начало и конец каждого символа «старт-стопных» битов. В этом случае данные передаются непрерывными блоками достаточно большой величины, что позволяет по сравнению с асинхронным способом передачи достичь более высоких скоростей передачи данных при тех же параметрах канала связи. Взаимная синхронизация передающего и принимающего устройства осуществляется с помощью **преамбулы** – специальной последовательности символов (10101010....101011), предшествующей передаче блока данных. Чередование единиц и нулей рассматривается в качестве последовательности синхросигналов, причем две последние единицы говорят о ее окончании. С увеличением длины текстовых блоков возрастает интервал между последовательностями синхросигналов, что повышает вероятность появления ошибочных символов. Это, в первую очередь, связано с дрейфом генераторов передатчика и приемника, устранение которого приводит к увеличению стоимости аппаратуры передачи данных. Выбор оптимальной длины блоков позволяет при относительно небольших аппаратурных затратах достичь требуемого уровня надежности передачи текста.

ЛЕКЦИЯ №18

Тема №6 «Современные инфокоммуникационные технологии передачи информации»

6.3. Цифровые сети связи

Развитие телекоммуникационных технологий привело в последние годы к серьезным изменениям в понимании сущности, методов построения и путей развития современных цифровых сетей связи (ЦСС), включая ведомственные и корпоративные. Важнейшими тенденциями развития становятся процессы конвергенции и интеграции современных компьютерных и традиционных сетей связи и появление инфокоммуникационных сетей, начиная от локальных, ведомственных (корпоративных) и заканчивая сетями глобального масштаба.

В историческом развитии сетей и услуг связи можно выделить четыре основных этапа, имеющих свою логику развития, взаимосвязь с предыдущими и последующими этапами.

Первый этап – построение телефонной сети общего пользования PSTN (Public Switched Telephone Network). В течение длительного времени каждое государство создавало свою национальную аналоговую телефонную сеть общего пользования (ТфОП). Телефонная связь предоставлялась населению, учреждениям, предприятиям и отождествлялась с единственной услугой – передачей речевых сообщений. Даже в настоящее время телефон остается основной услугой связи.

Второй этап – цифровизация телефонной сети. Для повышения качества услуг связи, увеличения их числа, повышения автоматизации управления и технологичности оборудования, промышленно развитые страны в начале 70-х годов начали работы по цифровизации первичных и вторичных сетей связи. Были созданы *интегральные цифровые сети IDN (Integrated Digital Network)*, предоставляющие услуги телефонной связи на базе цифровых систем коммутации и передачи.

Третий этап – интеграция услуг. Цифровизация сетей связи позволила не только повысить качество услуг, но и перейти к увеличению их числа на основе интеграции. Появилась концепция *цифровой сети с интеграцией служб ISDN (Integrated Service Digital Network)*. Пользователю этой сети предоставляется базовый доступ (2B + D), по которому информация передается по трем цифровым каналам: два канала B со скоростью передачи 64 кбит/с и канал D со скоростью 16 кбит/с. Каналы B используются для передачи речевых сообщений и данных, канал D – для сигнализации и для передачи данных в режиме пакетной коммутации. Для пользователя с большими потребностями может быть предоставлен первичный доступ, содержащий (30B + D) каналов.

Четвертый этап – интеллектуальная сеть IN (Intelligent Network). Эта сеть предназначена для быстрого, эффективного и экономичного представления информационных услуг массовому пользователю. Необходимая услуга предоставляется пользователю тогда, когда она ему требуется и в тот момент

Автоматизированные системы управления и связь

времени, когда она ему нужна. В этом заключается принципиальное отличие интеллектуальной сети от предшествующих сетей – в гибкости и экономичности предоставления услуг.

Появление цифровых сетей, в первую очередь, связано со стремлением повысить скорости передачи информации. Так, в аналоговых телефонных сетях предельная скорость передачи информации равна 19200 бит/с. В то же время в цифровых системах передачи даже по обычной телефонной линии можно передавать данные со скоростью до 2 Мбит/с на расстояние до 1,6 км. При установке повторителей это расстояние может быть увеличено. Применение же оптоволоконных каналов связи обеспечивает надежную высокоскоростную передачу с регенерацией сигналов через 20-30 км.

Стандартные телефонные каналы относятся к среднескоростным каналам и ориентированы на передачу аналоговых сигналов с относительно узким частотным спектром (от 100 Гц до 10 кГц). Следует отметить, что частотные характеристики канала передачи оказывают существенное влияние на максимально допустимую скорость передачи данных (V_{max}). Еще в 1924г. Гарри Найквист из Bell Laboratories объяснил существование этого основного ограничения и вывел уравнение, выражающее максимальную скорость передачи данных в конечном аналоговом канале (без шумов). Найквист доказал, что если произвольный сигнал прошел через узкополосный фильтр с полосой пропускания H , то он может быть полностью восстановлен, используя $2H$ измерений в секунду. Производить больше измерений нецелесообразно, поскольку более высокочастотные компоненты, которые можно восстановить этими измерениями, были отфильтрованы. Если сигнал состоит из K дискретных уровней, то теорема Найквиста гласит:

$$V_{max} = 2 H \log_2 K.$$

Например, $H=3кГц$, канал без шумов не может передавать двоичные сигналы быстрее 6000 бит/с. Если присутствуют случайные шумы, то ситуация существенно ухудшается. Величина случайных шумов измеряется отношением мощности сигнала S к мощности шума N . Обычно само это отношение в технике связи не используется, а используется величина $10 \lg S/N$, называемая децибелом (дБ). Отношение $S/N=10$ соответствует 10дБ; $S/N=100$ – 20дБ; $S/N=1000$ – 30дБ и т.д. В 1948г. Клод Шеннон развил работу Найквиста на случай каналов, подверженных случайным шумам. Главный вывод Шеннона: максимальная скорость передачи данных в каналах с шумами с шириной полосы частот H , Гц и отношением сигнал/шум – S/N :

$$V_{max} = H \log_2 (1+S/N).$$

Например, канал с $H = 3000$ Гц и $S/N = 30$ дБ (обычные параметры телефонной сети) никогда не сможет передавать сигналы со скоростью более 30000 бит/с независимо от количества уровней сигнала и частоты измерений. Шеннон получил результаты, используя положения теории информации, и они представляют собой только верхнюю границу. На практике же сложно даже приблизиться к этому пределу. Скорость передачи по телефонной линии 9600 бит/с считается достаточной и достигается посылкой 4-битных групп со скоростью 2400 бод. Поэтому для высокоскоростной передачи информации используются

Автоматизированные системы управления и связь

широкополосные радио- и телевизионные каналы, а также специальные каналы для передачи дискретной (цифровой) информации, в частности оптоволоконные.

Естественно, что подключение аналоговых средств к цифровым каналам связи предполагает наличие специальных устройств преобразования аналоговых сигналов в цифровые и обратного преобразования. Однако это не является серьезным препятствием для развития цифровых телекоммуникаций, так как современный уровень микроэлектроники позволяет создавать относительно дешевые малогабаритные преобразователи сигналов. Следует подчеркнуть, что стоимость цифровых коммуникационных устройств меньше, чем аналоговых устройств. Все это является хорошей экономической предпосылкой широкого развития цифровых коммуникационных сетей.

Кроме того, использование цифровых каналов для передачи аналоговых сигналов имеет ряд преимуществ по сравнению с аналоговыми каналами. Цифровые сигналы, подобно аналоговым, при прохождении по физической среде передачи теряют энергию. В аналоговых линиях связи с этим явлением затухания борются при помощи усилителей. Но усиление сигнала является проблематичным по причине все большего накопления шумов по мере удаления от источника сигнала. В отличие от усиления аналогового сигнала, которое происходит когда его энергия снижается ниже некоторого заданного уровня, цифровые системы передачи используют технологию восстановления затухающего сигнала. При прохождении через повторитель (repeater), затухающий сигнал буквально восстанавливается из того, что от него осталось в каждом месте установки повторителя.

Таким образом, цифровые сигналы легко поддаются восстановлению, так как требуется распознать только два состояния сигнала (0 и 1). На входе повторитель считывает 1 и 0, которые, несмотря на затухание и помехи от шумов, все еще могут быть распознаны как 1 и 0. На выходе повторителя получают с совершенной точностью восстановленную последовательность битов. В отличие от аналоговых эти сигналы многократно восстанавливаются без внесения дополнительных искажений. Поэтому в ЦСС сигнал, который достигает приемника, является точной копией сигнала, отправленного передатчиком. Кроме того, цифровые сети обеспечивают более высокий уровень защиты от ошибок. Все это позволяет передавать по ним аналоговую информацию практически без искажений.

Преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратно как в компьютерных сетях, так и в цифровых системах передачи данных выполняется с помощью кодека, основными элементами которого являются аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи. Это преобразование осуществляется по шагам и состоит из четырех последовательных процессов: фильтрации, дискретизации, квантования и кодирования.

Так как основная часть мощности реальных непрерывных сообщений сосредоточена в ограниченной полосе частот, ее выделяют фильтрами, формирующими первичные сигналы. Дискретизация по времени и уровню непрерывных сообщений является физической основой работы цифровых систем передачи. Согласно теореме В.А. Котельникова непрерывная функция времени с ограниченным по ширине спектром полностью определяется отсчетами, взятыми

Автоматизированные системы управления и связь

$$T_{\text{д}} = \frac{1}{2f_{\text{max}}}$$

через интервалы времени, называемыми периодом дискретизации

где f_{max} – наивысшая частота спектра сигнала.

Если эту функцию рассматривать на конечном интервале времени T , то число передаваемых отсчетов $T/T_{\text{д}} = 2f_{\text{max}}T$. Величину $f_{\text{max}}T$ называют базой сигнала. Из-за наличия помех и погрешностей в ЦСС значения уровней амплитуд первичного сигнала могут передаваться с ограниченной точностью. Поэтому при дискретизации сигнала по уровню используют лишь конечное число значений, отстоящих друг от друга на фиксированную величину – шаг дискретизации по уровню (шаг квантования). Фактическое значение амплитуды непрерывной функции сигнала заменяется при этом ближайшим уровнем квантования. Погрешности в передаче уровней амплитуды сигнала рассматриваются как шумы квантования.

Так для передачи по каналу связи с помощью импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) квантованные сигналы преобразуются в кодовые комбинации импульсов с одинаковыми амплитудами и длительностью, т.е. в цифровую форму или цифровой сигнал. Простейший способ кодирования сигнала предполагает представление его числового значения в двоичной форме в виде соответствующей последовательности двоичных элементов – единиц и нулей (рис. 1).

В этом случае процесс модуляции можно разделить на три этапа. Сначала аналоговый сигнал представляется в виде множества дискретных значений (отображений), каждое из которых называется *сигналом в импульсно-кодовой модуляции*.

Затем каждому сигналу в зависимости от требуемой точности преобразования присваивается определенное числовое значение в диапазоне от 1 до 128 или от 1 до 256. Этот процесс называется *квантованием*. Полученные числовые значения переводятся в двоичный код. Для отображения значений в диапазоне от 1 до 128 требуется 7 двоичных разрядов ($2^7 = 128$), а в диапазоне от 1 до 256 – 8 двоичных разрядов ($2^8 = 256$).

Полоса частот спектра речевого сигнала, для которой на слух не ощущаются искажения голоса при его передаче по сети (оптимизированная по индексу артикуляции 0,7), составляет 3100 Гц и расположена в диапазоне 300...3400 Гц. Так как в реальном телефонном канале данная полоса частот выделяется фильтром, имеющим конечный спад частотной характеристики, то в качестве расчетной ширины спектра стандартного телефонного канала было принято использовать ширину полосы частот в 4 кГц.

При дискретизации такого спектра в соответствии с теоремой Котельникова частота дискретизации составляет $f_{\text{д}} = 2f_{\text{в}}$, где $f_{\text{в}}$ – верхняя частота спектра передаваемого аналогового сигнала.

Автоматизированные системы управления и связь

Для стандартного телефонного канала, имеющего $f_{В}=4$ кГц, частота дискретизации $f_{Д}= 8$ кГц, что соответствует максимальному периоду

$$T_{Д} = \frac{1}{f_{Д}} = 125$$

дискретизации сигнала мкс. Поэтому указанные период и частота дискретизации приняты в качестве основы при разработке стандартов цифровых систем передачи.

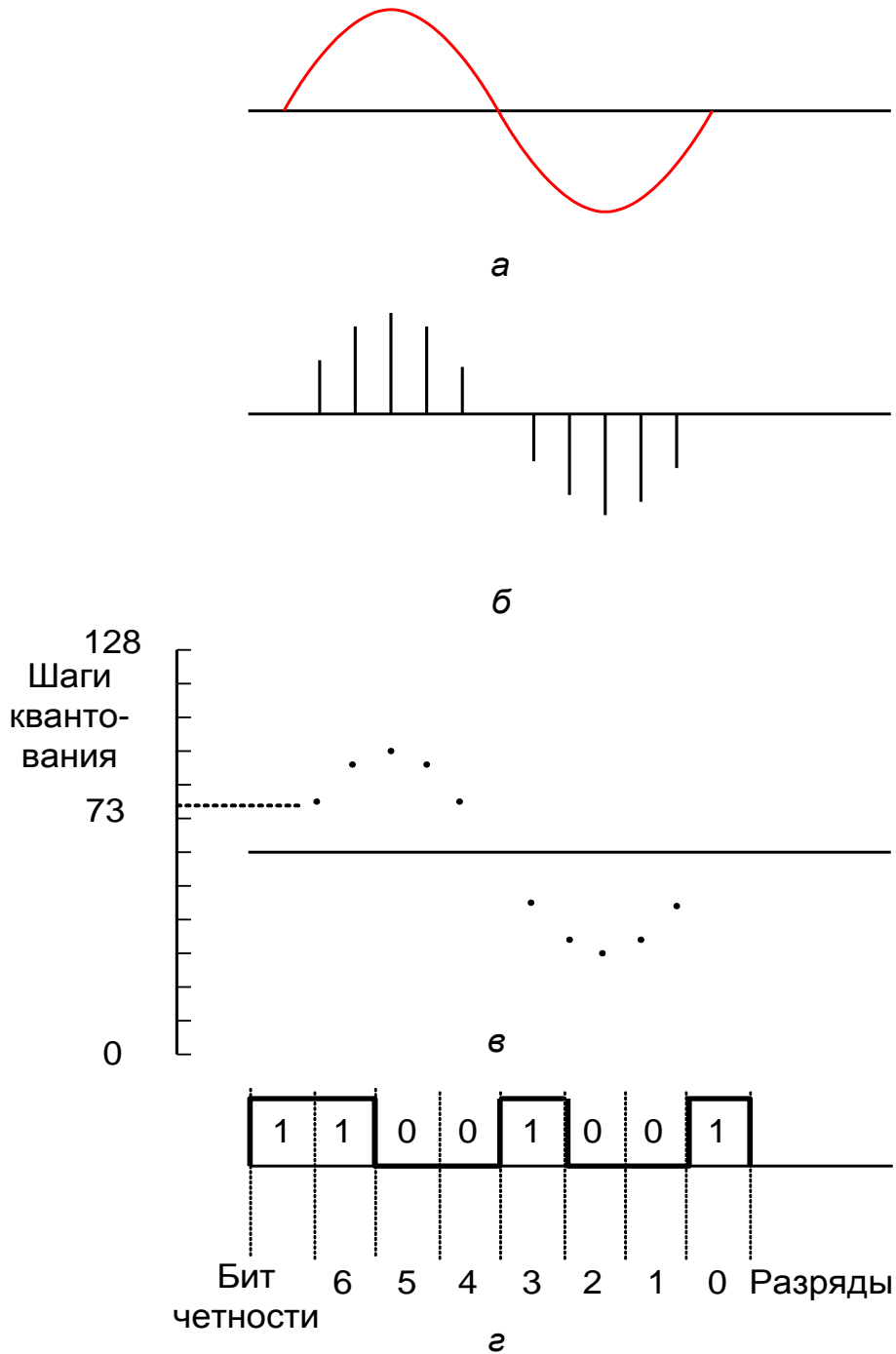


Рис. 1. Преобразование аналоговых сигналов в цифровые:
 а – исходный сигнал; б – сигнал импульсно-кодовой модуляции;
 в – квантование сигнала; г – цифровой код

Автоматизированные системы управления и связь

В ЦСС дискретизированный во времени входной аналоговый сигнал подвергается квантованию по амплитуде (амплитудно-импульсная модуляция, АИМ – Pulse-Amplitude Modulation, PAM). Каждому значению уровня квантования амплитуды аналогового сигнала соответствует двоичный цифровой код, т.е. квантованное значение амплитуды сигнала кодируется двоичным числом. Как правило, используют 7- или 8-битный двоичный код. Такое квантование позволяет передать $N = 2^7 = 128$ или $N = 2^8 = 256$ дискретных уровней амплитуды аналогового сигнала, что обеспечивает передачу качественного речевого сигнала с динамическим диапазоном по амплитуде $D = 20 \lg N = 42$ или 48 дБ соответственно.

При последовательной передаче двоичных символов (битов информации) на выходе аналого-цифрового преобразователя ЦСС получаем двоичный цифровой поток со скоростью передачи $\nu = 56$ кбит/с ($8 \text{ кГц} \cdot 7 \text{ бит} = 56 \text{ кбит/с}$ при 7-битном кодировании) или $\nu = 64$ кбит/с ($8 \text{ кГц} \cdot 8 \text{ бит} = 64 \text{ кбит/с}$ при 8-битном кодировании). Канал со скоростью передачи $\nu = 64$ кбит/с назван основным цифровым каналом – ОЦК (Digital Signal level 0, DS-0).

Кроме импульсно-кодовой модуляции в цифровых сетях используется ряд других методов преобразования аналоговых сигналов, которые можно разделить на два класса: **анализ огибающей** (формы волны) и **параметрическое кодирование**.

Анализ огибающей. Метод называется так потому, что в нем проводится анализ амплитуды сигнала, которая потом преобразуется в цифровые коды. К данному классу относится рассмотренный выше метод импульсно-кодовой модуляции.

В настоящее время используются более сложные методы, в частности метод **дифференциальной импульсно-кодовой модуляции**.

При этом методе передают не фактические отображения, а разницу между соседними отображениями сигнала. Кодирование осуществляется с помощью дифференциального цифрового устройства, которое запоминает каждое предыдущее отображение. Затем измеряется разность между двумя последовательными отображениями, которая и кодируется цифровым образом. Поскольку соседние отображения аналоговых сигналов мало отличаются друг от друга, требуется совсем немного битов для представления разности сигналов и, соответственно, меньшей скорости передачи сигналов, по сравнению с обычной импульсно-кодовой модуляцией.

Особым видом импульсно-кодовой модуляции является **дельта-модуляция**, при которой для каждого отображения используется только один бит. При дельта-модуляции определяется знак разницы последовательных отображений, затем, если разница увеличивается, то бит устанавливается в единицу, если же разница уменьшается, то бит принимает нулевое значение. Сигнал кодируется как «лесенка» из нисходящих и восходящих последовательностей.

При относительно простой реализации дельта-модуляция требует более частого съема значения аналогового сигнала, чем при импульсно-кодовой и

Автоматизированные системы управления и связь

дифференциальной импульсно-кодовой модуляции, поскольку каждое из отображений несет слишком мало информации. При дельта-модуляции предполагается, что форма кодированного сигнала отличается от формы сигнала отображения не более чем на одну «ступеньку». Однако сигнал может изменяться быстрее, нежели способен реагировать модулятор при создании «ступенек», создавая проблему, именуемую *фронтальная перегрузка*. И наоборот, медленно меняющийся сигнал также создает искажения, которые называются *дробным шумом*. В общем, эффекты неточности представления формы аналогового сигнала называют *шумом кодирования*.

Параметрическое кодирование (вокодеры). В отличие от большинства методов кодирования при параметрическом кодировании форма входного сигнала не сохраняется. Входной сигнал преобразуется в набор параметров, характеризующих его акустические свойства. Полученные значения параметров сравниваются с табличными, среди которых подбираются наиболее близкие к кодируемому сигналу. Эти параметры передаются через канал для последующего воспроизведения акустического сигнала.

Системы с параметрическим кодированием предназначены в основном для кодирования звуковых сигналов и практически не пригодны для сигналов с произвольными характеристиками. Вокодеры обычно используются для записи информационных сообщений, звукового выхода в персональных компьютерах и в электронных игровых устройствах. Преимущество этого метода заключается в том, что он позволяет осуществлять передачи со скоростью значительно ниже, чем требуется для методов анализа формы волны. Основным недостатком метода параметрического кодирования является более низкое качество воспроизведения звуков.

6.4. Технология мультиплексирования

Объединение нескольких цифровых каналов с малыми емкостями (например, нескольких основных цифровых каналов) в один канал большой емкости, содержащий n входных каналов называется *мультиплексированием*. Устройство, осуществляющее операцию мультиплексирования называется мультиплексором (рис. 2).

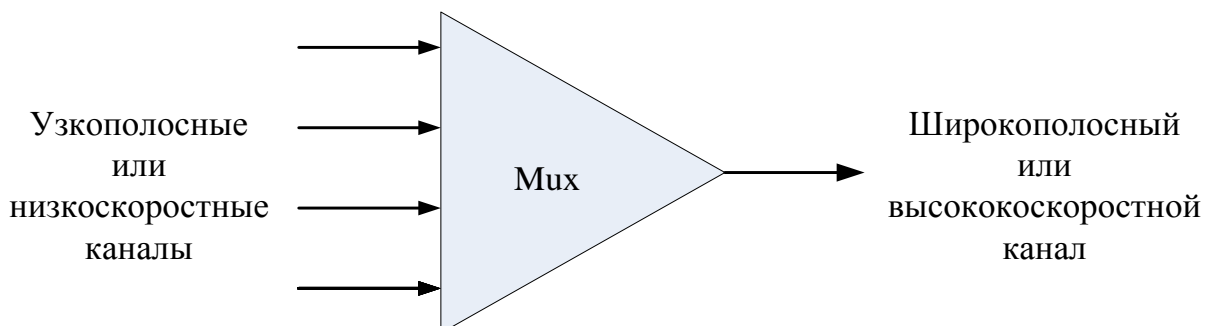


Рис. 2. Мультиплексирование

Автоматизированные системы управления и связь

Главное достоинство мультиплексирования заключается в возможности организации многоканальной передачи с сокращением физических линий и устройств. Различают частотное мультиплексирование (Frequency Division Multiplexing, FDM) и мультиплексирование с разделением времени (Time Division Multiplexing, TDM). При FDM каждый из поддерживаемых мультиплексором подканалов оперирует несущей частотой, расположенной точно в середине полосы частот, выделенной для подканала. FDM широко используется различными мобильными системами связи, спутникового вещания и системами кабельного телевидения.

При TDM высокоскоростной канал связи делится на множество отдельных временных слотов и каждому низкоскоростному каналу выделяется определенный временной слот. Когда выделенный каналу временной слот становится доступен, то пока длится этот слот, для низкоскоростной передачи данных используется вся пропускная способность высокоскоростного канала связи. Технологии FDM и TDM могут быть объединены, т.е. подканал с частотным мультиплексированием может быть разбит дальше на несколько каналов, используя мультиплексирование с разделением времени. Подобным образом работают цифровые сотовые телефонные сети.

В современных ЦСС, как правило, используется временное мультиплексирование. Мультиплексор типа $n:1$ формирует из n входных цифровых потоков один выходной поток. Теоретически можно сформировать цифровые потоки со скоростью передачи $n \times 64$ кбит/с. Так начинается построение цифровой иерархии ЦСС и вводится понятие *иерархических уровней*, полагая, что на первом из них используются мультиплексоры, рассмотренные выше. Мультиплексоры второго уровня типа $m:1$ объединяют выходы мультиплексоров первого уровня; мультиплексоры третьего уровня типа $l:1$ объединяют выходы мультиплексоров второго уровня; мультиплексоры четвертого уровня типа $k:1$ объединяют выходы мультиплексоров третьего уровня и т.д. Это называют каскадным соединением мультиплексоров. На каждом уровне иерархии мультиплексор на выходе имеет свою скорость передачи (на втором – $n \times m \times v$, на третьем – $n \times m \times l \times v$, на четвертом – $n \times m \times l \times k \times v$). Варьируя коэффициенты кратности n, m, l , можно сформировать различные иерархические наборы скоростей передачи или цифровые иерархии ЦСС, которым будет соответствовать определенное число ОЦК на входе мультиплексора соответствующего уровня.

Применяемые в настоящее время схемы цифровых иерархий были разработаны в начале 80-х годов. В первой, принятой в США и Канаде, для первичного цифрового канала (ПЦК) DS1 – канала первой цифровой иерархии было принято значение скорости передачи $v = 1544$ кбит/с (коэффициент мультиплексирования $n = 24$ – двадцать четыре ОЦК).

Во второй, принятой в Японии, для DS1 использовалось то же значение скорости передачи. В третьей, принятой в Европе (в том числе и в России) и

Автоматизированные системы управления и связь

Южной Америке, значение первичной скорости передачи было определено $V = 2048$ кбит/с ($n = 32$ – тридцать два ОЦК).

Первая цифровая иерархия (американский стандарт), порожденная первичной скоростью передачи 1544 кбит/с, дает последовательность скоростей: 1544-6312-44736-274176 кбит/с, которые обозначают DS1- DS2- DS3- DS4. Данная иерархия скоростей соответствует ряду коэффициентов мультиплексирования $n = 24$, $m = 4$, $l = 7$, $k = 6$ и позволяет передавать 24, 96, 672, 4032 ОЦК или каналов DS0. Каналы DS0 называют основным цифровым каналом (ОЦК), DS1 – первичным цифровым каналом (ПЦК), DS2 – вторичным цифровым каналом (ВЦК), DS3 – третичным цифровым каналом (ТЦК), DS4 – четверичным цифровым каналом (ЧЦК) соответственно.

Вторая цифровая иерархия (японский стандарт), порожденная первичной скоростью передачи 1544 кбит/с, дает последовательность скоростей 1544-6312-32064-97728 кбит/с или каналов передачи DS1- DS2- DSJ3- DSJ4. Данная иерархия скоростей с учетом канала передачи DS0 соответствует ряду коэффициентов мультиплексирования $n = 24$, $m = 4$, $l = 5$, $k = 3$ и позволяет передавать 24, 96, 480, 1440 ОЦК или каналов DS0.

Третья цифровая иерархия (европейский стандарт), порожденная первичной скоростью передачи 2048 кбит/с, дает последовательность скоростей 2048-8448-34386-139264-565148 кбит/с, которые соответствуют каналам передачи E1- E2- E3- E4- E5. Данная иерархия скоростей с учетом канала передачи DS0 соответствует ряду коэффициентов мультиплексирования $n = 30$, $m = 4$, $l = 4$, $k = 4$, $i = 4$ и позволяет передавать 30, 120, 480, 1920, 7680 ОЦК или каналов DS0.

Рассмотренные цифровые иерархии скоростей передачи получили название плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ/PDH, Plesiochronous Digital Hierarchy), так как при мультиплексировании используются для синхронизации цифровых потоков генераторы с неточно совпадающими частотами (почти синхронными). Для мультиплексирования плезиохронных потоков данных требуется добавлять дополнительные биты информации, чтобы компенсировать различия в синхронизации. При этом переход от одного уровня скоростей к другому происходит только последовательно как в прямом, так и в обратном направлениях, что усложняет процесс «распаковки» информации.

Существенным недостатком технологии ПЦИ/PDH является также наличие нескольких иерархий, затрудняющий ввод и вывод отдельных цифровых каналов в промежуточных узлах сети и практически полное отсутствие средств сетевого автоматизированного управления. При нарушении синхронизации группового сигнала сравнительно много времени требуется для многоступенчатого восстановления синхронизации компонентных потоков.

Все это привело к разработке технологии синхронной цифровой иерархии (СЦИ/SDH, Synchronous Digital Hierarchy). Технология СЦИ/SDH позволяет организовать универсальную транспортную сеть, выполняющую функции передачи информации, контроля и управления как сетевыми элементами, так и всей сетью в целом. В транспортной сети СЦИ/SDH используется принцип транспортировки цифровых сигналов в стандартных контейнерах, помеченных специальными указателями. Все операции с контейнерами производятся

Автоматизированные системы управления и связь

независимо от их содержания и наполнения, чем и достигается прозрачность сети СЦИ/SDH, т.е. способность транспортировать различные сигналы ПЦИ/PDH, потоки ячеек ATM (Asynchronous Transfer Mode – асинхронный режим передачи) и т.п.

Для совместного использования цифровых иерархий был разработан стандарт ITU-T, в соответствии с которым на первом уровне производится синхронное побайтное мультиплексирование ОЦК – 32-х (в европейской иерархии) или 24-х (в американской и японской иерархиях), на последующих уровнях иерархии компонентные потоки объединяются в групповой выходной поток уже не побайтно, а побитно. При этом скорости компонентных потоков выравнивают, вставляя в компонентные потоки с меньшей скоростью специальные биты, которые удаляются на стороне приема при демультимплексировании (процедура положительного стаффинга) с помощью служебного канала в составе группового сигнала (рис. 3).

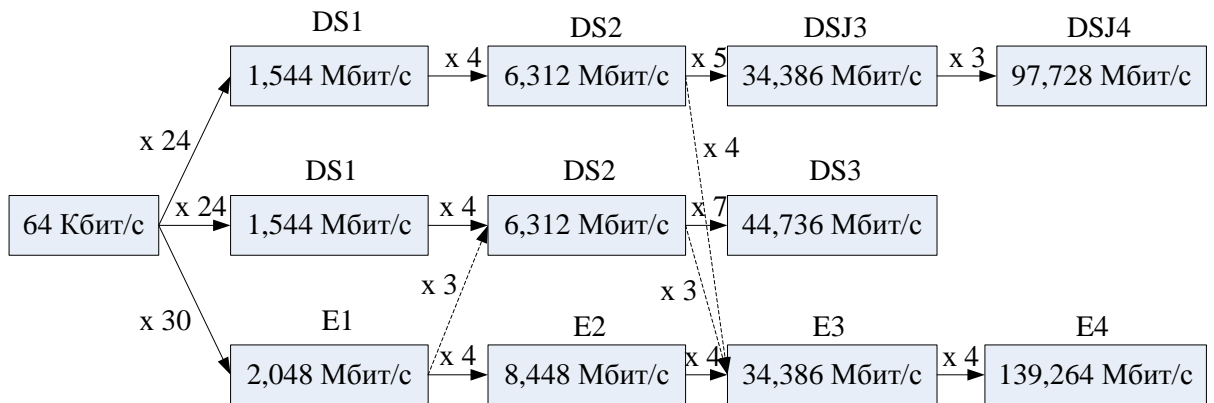


Рис. 3. Схема мультиплексирования и кроссмультимплексирования для различных стандартов цифровых иерархий.

ЛЕКЦИЯ №19

Тема №6 «Современные инфокоммуникационные технологии передачи информации»

6.5. Теоретическая модель ЦСС

Эталонная модель взаимодействия открытых систем (ВОС) определяет уровни взаимодействия систем, дает им стандартные имена и указывает, какие функции должен выполнять каждый уровень. Средства взаимодействия делятся на семь уровней: прикладной, представления, сеансовый, транспортный, сетевой, канальный и физический. Каждый уровень определяет один вид взаимодействия сетевых узлов и технологий.

Модель ВОС стала основой для разработки стандартов. С ее помощью можно только составить схему выполнения необходимых задач, но она не определяет конкретное описание их выполнения. Уровни модели ВОС могут быть реализованы на практике как аппаратно, так и программно. В модели ВОС заложены основы стандартизации индустрии сетевых технологий, и большинство разработчиков сетевого оборудования общаются в ее терминах.

Эталонная модель взаимодействия открытых систем ВОС/OSI (Open System Interconnection) разработана в начале 80-х гг. Международной организацией по стандартизации ISO (International Organization of Standardization) и получила статус международного стандарта ISO 7498 в 1984 г. Модель ВОС как единый комплекс стандартов является основой для взаимной совместимости оборудования и программ различных разработчиков. Под открытой системой понимается такая система, которая при соблюдении определенных требований (правил открытости) может быть без каких-то дополнений или изменений подключена к другой открытой системе и реализующая спецификации на интерфейсы, услуги и форматы данных, достаточные для того, чтобы обеспечить:

- переносимость прикладных программ с минимальными изменениями на широкий диапазон типов систем;
- взаимодействие с другими приложениями на локальных и удаленных платформах;
- взаимодействие с пользователями, облегчающее им переход от системы к системе.

Основу модели ВОС составляет концепция многоуровневой организации протоколов, которую можно рассматривать в качестве дальнейшего развития многоуровневой организации протоколов ЦСС. Существенной особенностью модели ВОС является разработка и использование единого подхода к организации протоколов и интерфейсов различных уровней. В соответствии с данной концепцией каждому уровню ставится в соответствие набор определенных функций, связанных с решением конкретной задачи по организации взаимодействия открытых систем. Нумерация уровней осуществляется относительно физических средств соединения, т.е. первый номер присваивается

Автоматизированные системы управления и связь

физическому уровню, а наибольший номер – прикладному (пользовательскому) уровню. Каждый уровень с меньшим номером считается вспомогательным для смежного с ним более высокого уровня и предоставляет ему определенный набор услуг, называемых сервисом. Следует подчеркнуть, что эталонная модель не определяет средства реализации протоколов, а только специфицирует их. Таким образом, функции каждого уровня могут быть реализованы различными аппаратными и программными средствами. Основным условием при этом является то, что взаимодействие между любыми смежными уровнями должно быть четко определенным, т.е. должно осуществляться через точки доступа посредством стандартного межуровневого интерфейса. Точка доступа является портом, в котором объект N -го уровня предоставляет услуги $(N+1)$ -му уровню. Это достаточно важное условие определяет возможность изменения протоколов отдельных уровней без изменения системы в целом, что является одним из основных условий построения открытых систем. Заметим, что в случае программной реализации межуровневого интерфейса в качестве портов выступают адреса, по которым заносятся межуровневые сообщения.

В свою очередь, взаимодействие объектов (как правило, программ) одноименных уровней различных систем определяется с помощью протоколов соответствующего уровня, однако и в этом случае обмен данными осуществляется через межуровневые интерфейсы внутри каждой из систем, а между ними – через каналы связи. Структурной единицей данных, передаваемых между уровнями, является так называемый протокольный блок данных, состоящий из управляющего поля, называемого заголовком, и поля данных. Заголовок N -го блока содержит управляющую информацию, формируемую на N -м уровне. Содержимое поля данных N -го уровня представляет собой блок данных $(N+1)$ -го уровня. Таким образом, формируется вложенная структура, при которой протокольные блоки данных, начиная с верхнего уровня, вкладываются друг в друга. При передаче данных в обратном направлении происходит обратная процедура «распаковки» блоков.

Международной организацией стандартов была предложена 7-уровневая модель ВОС (рис. 1).

При разработке эталонной модели ВОС число ее уровней определялось из следующих соображений:

- разбивка на уровни должна максимально отражать логическую структуру ЦСС;
- межуровневые границы должны быть определены таким образом, чтобы обеспечивались минимальное число и простота межуровневых связей;
- большое количество уровней, с одной стороны, упрощает внесение изменений в систему, а с другой стороны, увеличивает количество межуровневых протоколов и затрудняет описание модели в целом.

1 уровень – *физический*. Он обеспечивает механические, электрические, функциональные и процедурные средства организации физических соединений при передаче данных между физическими объектами. Реализует управление

Автоматизированные системы управления и связь

каналом связи, что сводится к его подключению и отключению и формированию сигналов, представляющих передаваемые сообщения и/или данные.

2 уровень – *канальный*. Этот уровень обеспечивает функциональные и процедурные средства для установления, поддержания и расторжения соединений на уровне каналов связи. Процедуры канального уровня обеспечивают обнаружение и, возможно, исправление ошибок, возникающих на физическом уровне. Для обеспечения надежности передачи используются средства контроля принимаемых сообщений, позволяющие выявлять ошибки в поступающих сообщениях. Уровень управления каналом через недостаточно надежный физический канал обеспечивает передачу сообщений с необходимой достоверностью.

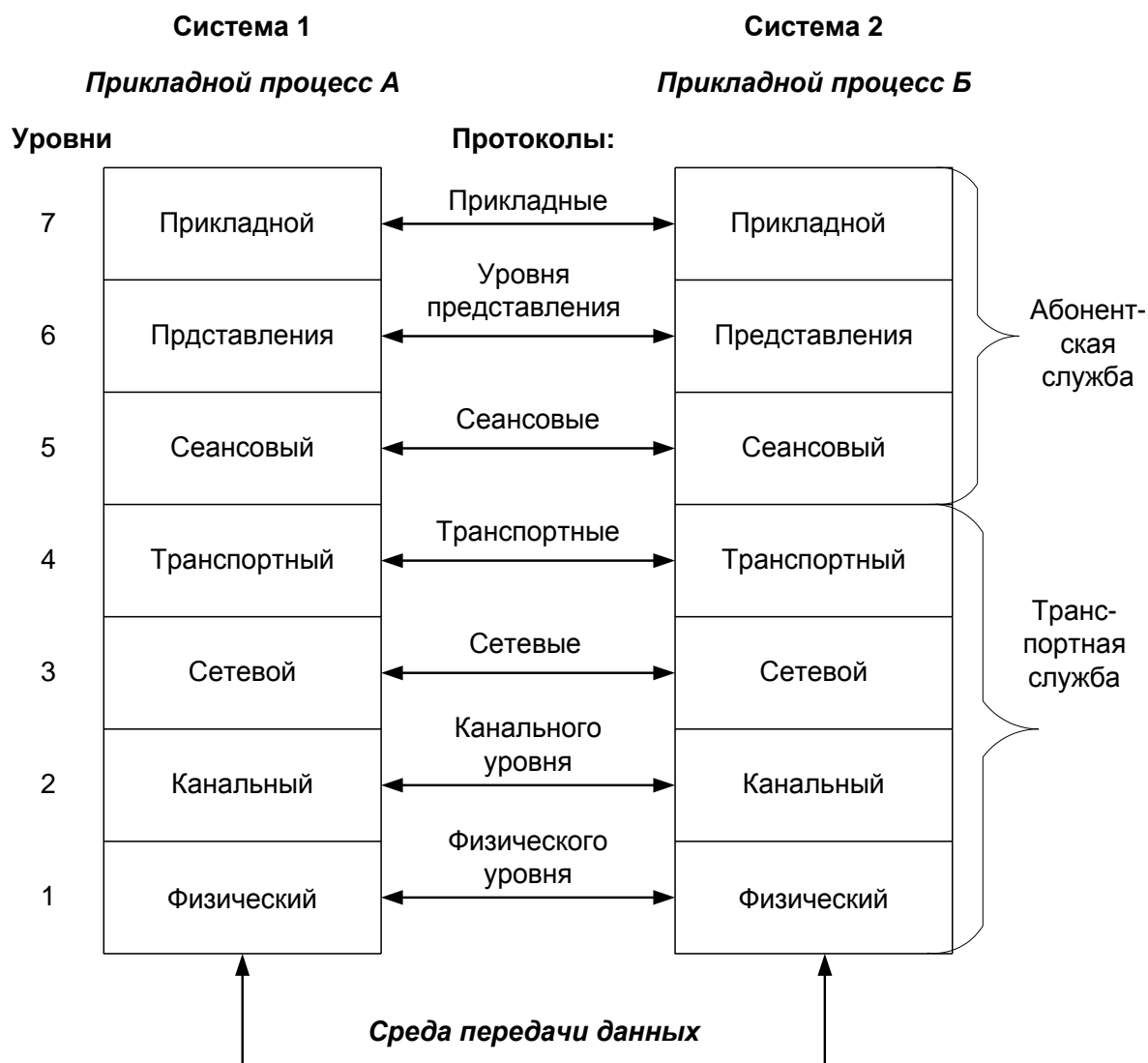


Рис. 1. Эталонная модель взаимодействия открытых систем

3 уровень – *сетевой*. Предназначен для обеспечения процессов маршрутизации информации и управления сетью связи. Здесь решаются вопросы управления сетью связи, в том числе маршрутизация и управление информационными потоками. Он обеспечивает передачу сообщений через базовую (магистральную) сеть. Управление сетью, реализуемое на этом уровне,

Автоматизированные системы управления и связь

состоит в выборе маршрута передачи сообщений по линиям, соединяющим узлы сети.

4 уровень – *транспортный*. Это уровень сквозной передачи, который служит для обеспечения передачи данных между двумя взаимодействующими открытыми системами и организации процедуры сопряжения абонентов сети связи. На этом уровне определяется взаимодействие абонентских систем – источника и адресата данных, организуется и поддерживается логический канал (транспортное соединение) между абонентами. Он также реализует процедуры и протоколы соединения пользователей сети через базовую (магистральную) сеть. На этом уровне возможны стандартное сопряжение различных систем с сетью и организация обмена сообщениями между сетью и узлами или системами сети.

5 уровень – *сеансовый*. Он организует сеансы связи между прикладными процессами, расположенными в различных абонентских системах. На данном уровне создаются порты для приема и передачи сообщений и организуются соединения – логические каналы между процессами. Необходимость протоколов данного уровня определяется относительной сложностью сети связи и стремлением обеспечить достаточно высокую надежность передачи информации. Он обеспечивает организацию сеансов связи на период взаимодействия сетевых узлов. На этом уровне по запросам в сети создаются порты для приема и передачи сообщений и организуются соединения – логические каналы.

6 уровень – *представления*. Он определяет единый для всех открытых систем синтаксис передаваемой информации. Необходимость данного уровня обусловлена различной формой представления информации в сети связи. Данный уровень играет важную роль в обеспечении «открытости» систем, позволяя им общаться между собой независимо от их внутреннего языка. Он осуществляет трансляцию различных форматов данных и файлов для взаимодействия разнотипных пользовательских интерфейсов в сети.

7 уровень – *прикладной*. Этот уровень обеспечивает выполнение прикладных процессов пользователей и определяет семантику, т.е. смысловое содержание информации, которой обмениваются открытые системы в процессе их взаимодействия. С этой целью данный уровень, кроме протоколов взаимодействия прикладных процессов, поддерживает протоколы передачи файлов, виртуального терминала, электронной почты и им подобные. Он обеспечивает предоставление сетевого сервиса с разделением ресурсов для пользователей сети.

Четыре нижних уровня эталонной модели образуют *транспортную службу* сети, которая обеспечивает передачу («транспортировку») информации между абонентскими системами, освобождая более высокие уровни от решения этих задач. В свою очередь, три верхних уровня, обеспечивающие логическое взаимодействие прикладных процессов, функционально объединяются в *абонентскую службу*.

Услуги различных уровней определяются с помощью *протоколов* эталонной модели взаимодействия открытых систем, которые представляют собой правила взаимодействия объектов одноименных уровней открытых систем. В соответствии с 7-уровневой моделью взаимодействия открытых систем вводится 7 типов

Автоматизированные системы управления и связь

протоколов, которые именуются так же, как уровни. При этом по функциональному назначению все протоколы целесообразно разделить на три группы.

Первую группу составляют *протоколы абонентской службы*, соответствующие прикладному, представительскому и сеансовому уровням модели взаимодействия открытых систем. Протоколы этой группы являются сетенезависимыми, то есть их характеристики и структура не зависят от используемой сети связи. Они определяются лишь структурой абонентских систем и решаемыми задачами обработки информации. Две другие группы протоколов описывают *транспортную службу* сети и различаются между собой процедурой доступа к передающей среде. Одна из этих групп определяет систему связи с маршрутизацией информации, а другая – с селекцией информации.

Маршрутизация представляет собой процедуру определения пути передачи информации в сетях связи и характерна для глобальных и ведомственных сетей, в рамках которых и рассматривается соответствующая группа протоколов.

Под *селекцией* в сетях подразумевается процесс выбора очередной абонентской системы для подключения ее к сети связи с целью обмена информацией. Селекция информации в основном используется в системах передачи данных локальных компьютерных сетей, где и рассматривается третья группа протоколов.

Уровни разных систем или сетевых узлов не могут взаимодействовать или связываться напрямую между собой, но работать должны абсолютно одинаково, возможность прямого взаимодействия или связи существует только на физическом уровне. Передаваемые через уровни данные (сообщения) имеют определенный формат, задаваемый конкретной сетевой технологией. Сообщение должно иметь заголовок и информационную часть. Наряду с понятием сообщение (message) в сетевых технологиях для обозначения единиц данных в процедурах обмена и взаимодействия сетевых узлов используют название протокольный блок данных PDU (Protocol Data Unit). Для обозначения блоков данных соответствующих уровней используют специальные названия: кадр (frame), пакет (packet), дейтаграмма (datagram), сегмент (segment). Назначение каждого уровня, их свойства и правила взаимодействия эталонной модели ВОС (см. табл.) описывают путь передачи информации от одной прикладной программы одного сетевого узла до другой другого сетевого узла через сетевую среду. Таким образом, эталонная модель ВОС определяет не конкретную реализацию сети, а только описывает функции каждого уровня и общую схему передачи данных. Она служит для планирования сетевой стратегии в целом.

Когда сообщение поступает на сетевой узел, оно принимается на физическом уровне и последовательно перемещается вверх с уровня на уровень. Сообщение каждого уровня анализируется и обрабатывается. Заголовок сообщения своего уровня выполняет соответствующие данному уровню функции, а затем удаляется и сообщение передается вышележащему уровню.

Автоматизированные системы управления и связь

Уровни модели ВОС и их основные свойства

Номер уровня	Уровень модели ВОС	Основное назначение	Вид данных для передачи	Функции	Протоколы, интерфейсы
7	Прикладной	Сетевой сервис с разделением ресурсов	Сообщение	Предоставление сетевого сервиса	SNMP, CMIP
6	Представления	Форматирование и трансляция данных	Пакет	Трансляция данных и файлов. Форматирование данных. Шифрование данных. Сжатие данных	FTP
5	Сеансовый	Управление взаимодействием узлов сети и организация логических каналов	Пакет	Управление взаимодействием узлов. Организация логических каналов. Взаимодействие узлов. Контроль ошибок. Обработка транзакций. Поддержка вызовов удаленных процедур	–
4	Транспортный	Гарантированная доставка сообщений	Сегмент, дейтаграмма, кадр, пакет	Надежность передачи. Гарантированная доставка сообщений. Мультиплексирование	TCP, UDP
3	Сетевой	Маршрутизация сообщений между узлами сети	Дейтаграмма	Маршрутизация сообщений. Создание и ведение таблиц маршрутизации. Фрагментация и сборка данных. Неориентированная на соединение доставка	IP, ATM, AAL, ISDN, X25
2	Канальный	Формирование и передача кадров-сообщений	Кадр, пакет	Доставка сообщений по физическому адресу сетевого узла. Синхронизация кадров. Доступ к среде передачи	ATM, Frame Relay, FDDI, X25, PPP
1	Физический	Передача битов информации	Биты	Синхронизация битов. Сигнализация. Спецификации среды передачи	E0, E1, STM-N (N= 1, 4, 16 ...)

6.6. Базовые сетевые технологии

Под сетевыми технологиями понимают совокупность технологий цифровых систем передачи, обеспечивающих создание разнообразия каналов связи от пользователей сети к сетевым узлам и между узлами ЦСС. Базовые сетевые технологии для цифровых транспортных сетей обеспечивают организацию транспортных магистралей и интеграцию различных видов трафика в сети. На базе цифровых транспортных сетей формируется и создается разнообразие выделенных цифровых каналов передачи (ЦКП) или цифровых каналов связи (ЦКС), которые и образуют цифровые сети с коммутацией каналов. Базовыми сетевыми технологиями для транспортных сетей являются ПЦИ/PDH и СЦИ/SDH. В транспортных сетях используется иерархия скоростей передачи в соответствии с международными рекомендациями ITU-T и получившим наибольшее распространение европейским стандартом, который применяется в сетях связи Российской Федерации.

Технология ПЦИ/PDH поддерживает следующие уровни цифровых каналов: абонентский или основной канал E0 (64 кбит/с) и пользовательские каналы уровней E1 (2,048 Мбит/с), E2 (8,448 Мбит/с), E3 (34,386 Мбит/с), E4 (139,264 Мбит/с). Уровень цифрового канала E5 (565,148 Мбит/с) определен в ITU-T, но на практике обычно не используется. При этом цифровые каналы ПЦИ/PDH являются входными (полезной нагрузкой) для пользовательских интерфейсов сетей СЦИ/SDH.

Технология СЦИ/SDH поддерживает практически все уровни иерархии цифровых каналов различных стандартов. При этом в транспортной сети пользовательские интерфейсы, соответствующие синхронным транспортным модулям STM-N более низкого уровня, могут служить полезной нагрузкой для сетевых элементов сети СЦИ/SDH более высокого уровня иерархии.

Технология СЦИ/SDH основана на полной синхронизации цифровых каналов и сетевых элементов в пределах всей сети, что обеспечивается с помощью системы синхронизации ЦПС и системы управления транспортной сетью. Технология СЦИ/SDH позволяет с помощью соответствующих аппаратных и программных средств создавать одновременно три наложенные сети: транспортную для передачи полезной нагрузки, сеть управления и сеть синхронизации для передачи сигналов синхронизации.

На основе транспортной сети СЦИ/SDH можно создавать наложенные с коммутацией каналов, например, цифровые сети с интеграцией служб (ЦСИС/ISDN, Integrated Services Digital Network) и коммутацией пакетов, в частности сети Frame Relay (FR), сети асинхронного режима передачи ATM. Технология ATM облегчила эту задачу, взяв за основу стандарты СЦИ/SDH в качестве стандартов физического уровня. Поэтому в транспортной сети СЦИ/SDH сеть ATM может быть интегрирована поверх сети СЦИ/SDH как наложенная сеть, при этом образуется транспортная, вторичные сети и осуществляются функции сети доступа.

Автоматизированные системы управления и связь

Технология ATM разрабатывалась как единая универсальная транспортная технология нового поколения сетей с интеграцией услуг, так называемых широкополосных цифровых сетей с интеграцией служб (Ш-ЦСИС или В-ISDN). Уникальность технологии ATM состоит в том, что она как транспортная технология совместима со всеми базовыми сетевыми технологиями глобальной сети Интернет, основой которой является стек протоколов TCP/IP, СЦИ/SDH, ПЦИ/PDH, Frame Relay и с сетевыми технологиями локальных сетей. Технология ATM обеспечивает передачу в рамках одной транспортной сети различных видов трафика (голоса, видео, данных), имеет иерархию скоростей передачи в широком диапазоне (от 25 Мбит/с до 10 Гбит/с) с гарантированной пропускной способностью для ответственных приложений. ATM не определяет новые стандарты для физического уровня сети, а использует существующие. Основным стандартом для технологии ATM является физический уровень каналов сетевых технологий СЦИ/SDH и ПЦИ/PDH. Именно потому, что технология ATM поддерживает все основные существующие виды трафика, она выбрана в качестве транспортной среды сетей Ш-ЦСИС или В-ISDN. Она также имеет общие транспортные протоколы для локальных (ЛВС) и глобальных сетей и обеспечивает их взаимодействие.

Технологии сети Интернет на основе стека протоколов TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) – протокол управления передачей/протокол сети Интернет) занимают особое положение среди сетевых технологий. Они играют роль сетевой технологии, объединяющей сети любых типов и технологий, включая глобальные транспортные сети всех известных технологий, и относятся к сетевым технологиям более высокого уровня. При этом цифровые транспортные сети СЦИ/SDH, являясь основой для создания большинства наложенных телекоммуникационных сетей, позволяют интегрировать различные сетевые технологии в единую мультисервисную телекоммуникационную и информационную (инфокоммуникационную) сеть на физическом и канальном уровнях.

Появление оптических транспортных сетей с использованием технологии спектрального и волнового мультиплексирования (ВМП/WDM, Wave Division Multiplexing) и плотного волнового мультиплексирования (ПВМП/DWDM, Dense Wave Division Multiplexing), которые органично сочетаются и интегрируются с технологией СЦИ/SDH, значительно расширило возможности сетевых технологий в построении транспортных сетей.

Таким образом, современный уровень развития сетевых технологий глобальных сетей позволяет при планировании архитектуры и разработке топологии цифровых транспортных магистральных, ведомственных и корпоративных сетей использовать следующие базовые технологии:

- TCP/IP – технология сети Интернет, основой которой является стек протоколов TCP/IP или протокол управления передачей/протокол сети Интернет;
- ATM – технология асинхронного режима передачи (переноса);
- SDH – технология СЦИ;
- WDM – технология волнового мультиплексирования (ВМП);
- DWDM – технология плотного волнового мультиплексирования (ПВМП).

Автоматизированные системы управления и связь

Для цифровых мультисервисных сетей на ближайшие годы определяющей будет многослойная архитектура транспортной сети вида IP/ATM/SDH/WDM (DWDM). Она позволит интегрировать на сетевом уровне базовые сетевые технологии в единую мультисервисную инфокоммуникационную сеть различного масштаба.

Выбор архитектуры построения транспортной сети основывается на применении типовых архитектурно-топологических решений и их комбинаций для отдельных сегментов сети и сети в целом, так называемых сетевых шаблонов. Понятие архитектуры транспортной сети шире и включает в себя три базовые логические составляющие: принципы построения, сетевые шаблоны и технические позиции.

При планировании топологии транспортных сетей чаще применяют элементарные сетевые шаблоны типа кольцо и линейка с одинаковыми или разными уровнями транспортных модулей, как в кольцах, так и линейных трактах между отдельными кольцами. Техническая позиция при этом определяет и уточняет параметры выбранных сетевых технологий, сетевых элементов, протоколов взаимодействия, предоставляемых услуг и т.д.

ЛЕКЦИЯ №20

Тема №6 «Современные инфокоммуникационные технологии передачи информации»

6.7. Особенности функционирования локальных и глобальных информационных сетей

Протоколы локальных вычислительных сетей.

Для функционирования ЛВС требуется интеграция множества различных компонентов, которые определяют, как устройства соединяются, какая среда передачи будет использоваться, в каком формате будут передаваться данные и как обеспечить одновременную передачу данных между несколькими ПК. Принцип организации среды передачи в ЛВС описывается физической и логической топологией сети. Широкое распространение в ЛВС получила логическая топология «кольцо» и физическая топология «звезда», в которой концентратор, обычно называемый модулем множественного доступа (MAU, Multistation Access Unit), направляет принимаемый сигнал с одного порта на следующий порт в логическом кольце. Устройство, подключенное к этому порту, ретранслирует сигнал обратно к концентратору, который направляет его к следующему порту в логическом кольце и т.д. Фактически концентратор перенаправляет принятый сигнал на следующий порт в логическом кольце. Применяются пассивные и активные модули MAU. В отличие от пассивных, активные MAU регенерируют (восстанавливают от потерь) сигнал во время его прохождения через любой порт.

Дальнейшее развитие ЛВС, удешевление памяти и повышение производительности процессоров привели к широкому применению логической и физической топологии «звезда» с использованием коммутатора в самом центре ЛВС, реализующим коммутацию ячеек, матричную коммутацию, коммутацию с общей памятью или коммутацию шин.

Функцию интерфейса между компьютером и средой передачи данных выполняет адаптер ЛВС. Одна из основных функций адаптера ЛВС – получить доступ к среде передачи данных. Она реализуется протоколом управления доступом к среде передачи данных (MAC, Media Access Control). Адаптер выполняет следующие основные операции:

- при передаче данных создается кадр (frame) с адресами адаптеров передающей и принимающей стороны;
- адаптер помещает кадр в буфер и обеспечивает доступ к сети;
- после получения доступа начинается передача с вычислением контрольной последовательности кадра (FCS, Frame Check Sequence) для проверки безошибочности передачи;
- адаптер принимающей стороны считывает свой адрес, принимает кадр полностью и вычисляет контрольную последовательность FCS;

Автоматизированные системы управления и связь

- после приема кадра адаптер сверяет вычисленное значение FCS со значением, добавленным передающей стороной. Если они совпадают, кадр передается компьютеру, если нет, то кадр отбрасывается.

MAC делятся на два класса: опрашивающие и состязательные. Опрашивающая схема является протоколом упорядоченного доступа, в котором адаптеры ЛВС взаимодействуют между собой, чтобы определить, какому из них будет предоставлен канал связи. Состязательные схемы бывают двух видов: множественного доступа с контролем несущей и обнаружением коллизий (CSMA/CD, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) и множественного доступа с контролем несущей и предотвращением коллизий (CSMA/CA, Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – применяется в беспроводных видах ЛВС). Адаптер ЛВС CSMA/CD, обнаружив занятую среду передачи, контролирует ее состояние непрерывно до ее освобождения и после короткого интервала начинает передачу. Во время передачи адаптеры ЛВС «прослушивают» среду передачи на предмет наличия коллизий. При их обнаружении адаптер генерирует короткую посылку (32 бита), называемую «организованной помехой», чтобы все передающие адаптеры прекратили передачу и выполнили процедуру отката. После нескольких попыток дальнейшего начала передачи адаптер ЛВС сообщает компьютеру о недоступности сети.

Управление логическим соединением (LLC, Logical Link Control) является уровнем протокола, расположенным выше уровня MAC и завершающим возможности канального уровня ЛВС. Он выполняет три основные функции:

- обеспечивает сервисы с установлением и без установления соединений поверх схемы MAC;
- делает незаметными для пользователя операции нижележащих уровней;
- предоставляет логические точки доступа к службе (SAP, Service Access Point), позволяющих через один физический интерфейс (адаптер ЛВС) поддерживать несколько логических соединений.

Уровень LLC отвечает за предоставление точек доступа к службам. Из 8 битов, формирующих SAP, два являются зарезервированными, поэтому SAP может дать только 64 (6 битов) уникальные точки доступа. Для увеличения количества точек доступа в управлении логическим соединением LLC применяется дискриминатор протокола SNAP (Subnetwork Access Protocol, протокол доступа к подсетям).

Программное обеспечение ЛВС может быть сконфигурировано для использования протокола SNAP, который предполагает присутствие LLC и MAC-кадра. При этом протокольные уровни вкладываются один внутри другого, а сообщение вышележащего уровня размещается внутри поля данных кадра SNAP. Использование такой конфигурации расширяет набор поддерживаемых стеков протоколов ЛВС.

Протоколы и стандарты глобальных сетей.

Сетевые технологии для построения глобальных и корпоративных сетей имеют свои протоколы и стандарты. Протоколы SLIP (Serial Line Internet Protocol) и PPP (Point-to-Point Protocol) входят в состав стека протоколов TCP/IP и применяются в Интернет для соединения по телефонным линиям. Протокол SLIP

Автоматизированные системы управления и связь

является простейшим, функционирует только на физическом уровне и не предусматривает контроля от ошибок и защиты. Протокол PPP был разработан как усовершенствование SLIP, а реализуемые им функции охватывают физический и канальный уровни. Дополнительные функции PPP включают контроль ошибок, защиту, динамическую адресацию IP и поддержку нескольких протоколов. Протоколы SLIP и PPP имеют двухточечное соединение. Протокол PPP предусматривает адресацию физических устройств на подуровне MAC и контроль ошибок LLC-уровня. В табл. показано отображение различных протоколов в модели ВОС/OSI.

Отображение различных сетевых протоколов и технологий в модели ВОС/OSI

Номер уровня	Уровень модели ВОС	Сетевая технология (протоколы)					
		Интернет	X.25	Frame Relay	ISDN	СЦИ/SDH	ATM
7	Прикладной						
6	Представления						
5	Сеансовый						
4	Транспортный	TCP			ISDN		
3	Сетевой	IP	X.25		ISDN LAPD		ATM
2	Канальный	PPP	LAPB	FR	ISDN		ATM
1	Физический	PPP SLIP	X.21 и др.	FR	ISDN	SDH	ATM SDH FDDI и др.

Протокол FDDI (Fiber Distributed Data Interface) – стандарт для локальных и средних сетей передачи данных, основанный на использовании оптических каналов в топологии «кольцо» или «звезда». Его, как правило, применяют в сетях комплекса зданий или еще для более крупных сетевых структур. В протоколе FDDI используется метод доступа к среде с помощью передачи маркера, он охватывает физический уровень и подуровень MAC модели ВОС/OSI.

Протокол FDDI имеет достаточно высокую пропускную способность – более 100 Мбит/с, что делает его привлекательным для мультимедийных и видео приложений. При этом пользователи (станции, компьютеры) в кольце FDDI могут быть с одинарным и двойным подключением к обоим кольцам. В случае отказа оптического канала для станций с двойным подключением кольцо автоматически реконфигурируется, и маркер направляется в обход обрыва оптического канала.

Протокол X.25 является стандартом глобальных сетей передачи данных и функционирует на сетевом уровне. Обычно он взаимодействует с протоколом канального уровня LAPB (Link Access Procedures - Balanced), который, в свою очередь, работает поверх протоколов X.21 или X.21bis или V.32. Протокол X.25 реализует постоянные или коммутируемые каналы, подразумевающие надежное обслуживание и сквозное управление потоком, хотя используемые в нем скорости невысоки и не позволяют обеспечить в глобальной сети работу приложений ЛВС. На физическом уровне протокол X.21 позволяет использовать гибридную ячеистую (сотовую) топологию и соединение типа «точка-точка». Протокол LAPB

Автоматизированные системы управления и связь

представляет собой протокол канального уровня, который обеспечивает управление потоком данных уровня LLC и контроль ошибок.

Протокол Frame Relay (протокол ретрансляции кадров) – технология коммутации пакетов аналогичен протоколу X.25 и использует виртуальные каналы. В сетях Frame Relay предполагается, что определенные функции мониторинга и контроля ошибок выполняются протоколами более высокого уровня. Это позволяет Frame Relay работать быстрее протокола X.25. Frame Relay функционирует на физическом и канальном уровнях модели ВОС/OSI. На физическом уровне Frame Relay реализует двухточечные соединения в сети с ячеистыми (сотовыми) топологиями. На подуровне LLC канального уровня ретрансляция кадров поддерживает обнаружение (но не исправление) ошибок.

Технология СЦИ/SDH (Synchronous Digital Hierarchy) занимает особое место в ряду сетевых технологий и обеспечивает двухточечные соединения в глобальных сетях различной топологии с применением метода временного мультиплексирования TDM.

Технология ATM (Asynchronous Transfer Mode) – стандарт, который обычно относят к глобальным сетям, однако ее можно применять и в локальных. Этот стандарт охватывает канальный и сетевой уровни модели ВОС/OSI (см. табл.). Он функционирует поверх таких протоколов физического уровня, как FDDI и СЦИ/SDH. Отличительной чертой ATM является коммутация ячеек, представляющих 53-байтовый пакет, передаваемый по виртуальному каналу. Еще одной функцией сетевого уровня является статический выбор маршрута. На подуровне LLC и канальном уровне ATM предусматривает изохронную передачу и контроль ошибок.

Стандарты ISDN и B-ISDN.

Стандарт ISDN (Integrated Services Digital Network, цифровая сеть с интеграцией услуг) – это набор стандартов, разработанных для передачи речевой или видеоинформации, равно как и обычных данных в цифровой телефонной сети. Стандарт B-ISDN (Broadband ISDN) обеспечивает более высокую пропускную способность, его используют в таких приложениях, как видео, работа с изображениями и мультимедиа и применяют совместно с такими технологиями как СЦИ/SDH и ATM.

На физическом уровне ISDN реализует мультиплексирование с разделением времени. Этот стандарт функционирует только как служба передачи информации. На канальном уровне в спецификации ISDN используется протокол LAPD (Link Access Procedure, D Channel), предусматривающий дуплексный сервис, не ориентированный на соединение.

Для интеграции аналоговой и цифровой систем передачи в цифровых сетях связи стандарт ISDN позволяет применять соединения с коммутацией каналов или пакетов. Подобные соединения реализуются с помощью цифровых коммуникационных каналов – конвейеров битов. Такие конвейеры позволяют мультиплексировать несколько каналов со стандартной скоростью передачи данных. Эти каналы классифицируются следующим образом:

- канал *A* – аналоговый канал 4 кГц или канал ТЧ;
- канал *B* – цифровой канал на 64 кбит/с;

Автоматизированные системы управления и связь

- канал *C* – цифровой канал на 8 или 16 кбит/с (используется для управления по вспомогательному каналу);
- канал *D* – цифровой канал на 16 или 64 кбит/с (применяется для передачи широкополосных сигналов), он включает в себя три подканала: *s* – для передачи, *t* – для телеметрии и *p* – для передачи пакетов данных с малой полосой пропускания;
- канал *E* – цифровой канал на 64 кбит/с (для внутренней передачи сигналов ISDN);
- канал *H* – цифровой канал на 384, 1536 или 1920 кбит/с.

Протокол LAPD функционирует по каналу *D*. Следующие три комбинации каналов стандартизованы рекомендациями ИТУ-Т в качестве международных коммуникационных услуг:

- BRI (Basic Rate Interface) включает в себя два В-канала на 64 кбит/с и 1 D-канал на 16 кбит/с;
- PRI (Primary Rate Interface, интерфейс основного уровня) – один D-канал на 64 кбит/с, 23 В-канала на 64 кбит/с (в США и Японии) или 30 В-каналов и 2 D-канала (в Европе и Австралии);
- гибридный – один А-канал (аналоговый 4 кГц) и 1 С-канал (цифровой на 8 или 16 кбит/с).

6.8. Принципы объединения сетей

Объединение подсетей в единую ведомственную корпоративную сеть возможно на основе протоколов сетевого уровня модели ВОС. Сетевой уровень рассматривается как средство построения больших сетей. В эталонной модели ВОС в функции сетевого уровня входят:

- передача пакетов между конечными узлами в составных сетях;
- выбор маршрута передачи пакетов, наилучшего по некоторому критерию;
- согласование разных протоколов канального уровня, применяемых в отдельных подсетях, в рамках всей составной или объединенной сети.

Протоколы сетевого уровня реализуются, как правило, в виде программных модулей и выполняются на конечных узлах сети (в ЛВС – это серверы, называемые хостами, в транспортных сетях – это удаленные интеллектуальные мультиплексоры СЦИ/SDH) и на промежуточных узлах сети (в ЛВС – это маршрутизаторы, называемые шлюзами).

Сложную, структурированную сеть, интегрирующую различные базовые технологии можно также создать средствами и канального уровня. Для этого используются некоторые типы мостов и коммутаторов. Мост или коммутатор разделяет сеть на сегменты, локализуя трафик внутри сегмента. При этом сеть разделяют на отдельные подсети, из которых могут быть построены составные сети достаточно крупных размеров (рис. 1). Однако построение сложных сетей только на основе оборудования канального уровня (маршрутизаторов и коммутаторов, выполняющих функции повторителей, мостов и коммутаторов) имеет существенные ограничения и недостатки. В топологии такой сети должны

Автоматизированные системы управления и связь

отсутствовать петли, логические сегменты сети слабо изолированы друг от друга, достаточно сложно решается задача управления трафиком, система адресации одноуровневая и недостаточно гибкая. Возможностью трансляции протоколов канального уровня обладают далеко не все типы мостов и коммутаторов, к тому же эти возможности ограничены. Естественное решение – это привлечение средств более высокого сетевого уровня.

Основная идея введения сетевого уровня при построении больших сетей состоит в следующем. Сеть рассматривают как совокупность нескольких и называют составной сетью или интернетью (internet). Сети, входящие в составную сеть, называют подсетями, составляющими сетями или просто сетями. Когда две или более сети организуют совместную транспортную службу, то режим взаимодействия называют межсетевым взаимодействием (internetworking).

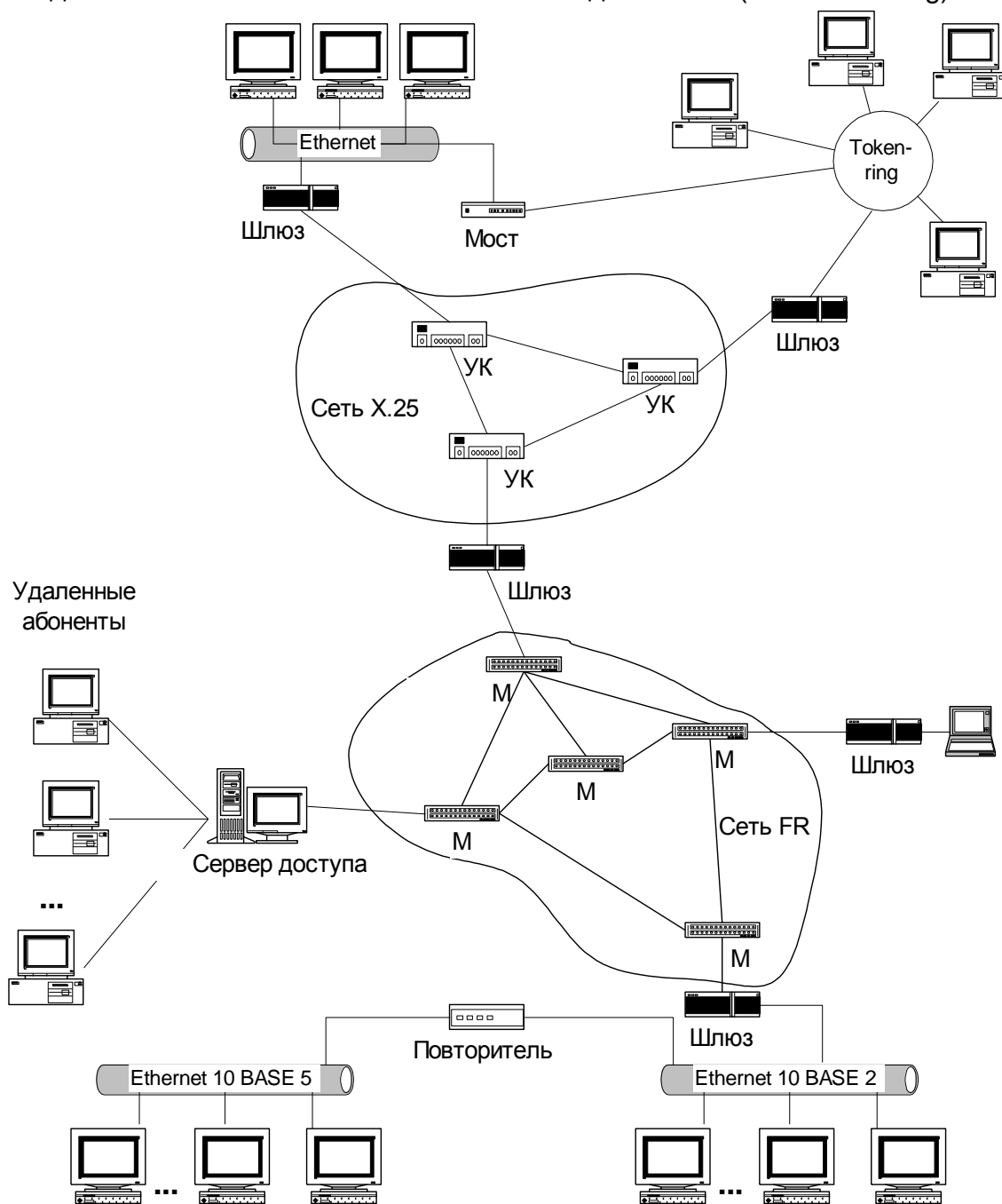


Рис.1. Сложная, структурированная сеть

Автоматизированные системы управления и связь

Подсети соединяются между собой маршрутизаторами, в качестве которых могут использоваться как собственно маршрутизаторы, так и коммутаторы. Компонентами составной сети могут быть как локальные, так и глобальные сети. Внутренняя структура каждой сети не имеет значения при рассмотрении сетевого протокола. Все узлы в пределах подсети взаимодействуют, используя единую для них технологию. Так, в составную сеть может входить несколько сетей разных технологий: локальные сети Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring, FDDI и глобальные сети Frame Relay, X.25, ISDN, ATM, СЦИ/SDH. Каждая из этих технологий (за исключением ATM, СЦИ/SDH) достаточна, чтобы организовать взаимодействие всех узлов в своей подсети, но не обеспечивает организацию связи между произвольно выбранными узлами, принадлежащими разным подсетям. Для организации взаимодействия требуются дополнительные средства, которые и предоставляет сетевой уровень.

Сетевой уровень обеспечивает работу всех подсетей в процессе передачи пакетов сообщений по составной сети. Для перемещения данных в пределах подсетей сетевой уровень обращается к используемым в этих подсетях технологиям. Для сетевого уровня предусматривается собственная система адресации, не зависящая от способов адресации узлов в отдельных подсетях, которая позволяет на сетевом уровне универсальным и однозначным способом идентифицировать любой узел объединенной или составной сети.

Естественным способом формирования сетевого адреса является уникальная нумерация всех подсетей составной сети и нумерация всех узлов в пределах каждой подсети. Таким образом, сетевой адрес включает в себя номера сети (подсети) и узла. В качестве номера узла может быть задано некоторое число, никак не связанное с локальной технологией, которое однозначно идентифицирует узел в пределах данной подсети. Такой подход более универсален и характерен для стека протоколов TCP/IP: каждый узел составной сети имеет наряду с локальным адресом еще один – универсальный сетевой.

Данные, которые поступают на сетевой уровень и которые необходимо передать через составную сеть, снабжаются заголовком сетевого уровня. Данные вместе с заголовком образуют пакет. Заголовок пакета сетевого уровня имеет унифицированный формат, не зависящий от форматов кадров канального уровня тех сетей, которые могут входить в объединенную сеть, он, наряду с другой служебной информацией, включает данные о номере сети, которой предназначается этот пакет. Сетевой уровень определяет маршрут и перемещает пакет между подсетями.

При передаче из одной подсети в другую пакет сетевого уровня, инкапсулированный в прибывший канальный кадр первой подсети, освобождается от заголовков этого кадра и окружается заголовками кадра канального уровня следующей подсети. Информацией, на основе которой делается эта замена, являются служебные поля пакета сетевого уровня. В поле адреса назначения нового кадра указывается локальный адрес следующего маршрутизатора. При этом если в подсети данные доставляются средствами канального и физического уровней, то пакеты сетевого уровня упаковываются в кадры канального. Если же в какой-либо подсети для транспортировки сообщений используется технология,

Автоматизированные системы управления и связь

основанная на стеках с большим числом уровней, то пакеты сетевого уровня упаковываются в блоки передаваемых данных самого высокого уровня подсети.

Кроме номера сети заголовков сетевого уровня должен содержать и другую информацию, необходимую для успешного перехода пакета из одной сети в другую. К такой информации может относиться, например, номер фрагмента пакета, необходимый для успешного проведения операций сборки-разборки фрагментов при соединении сетей с разными максимальными размерами пакетов, время жизни пакета, указывающее, как долго он перемещается по сети, качество услуги – критерий выбора маршрута при межсетевых передачах.

Организация межсетевого взаимодействия средствами сетевого уровня эталонной модели ВОС, в основе которого лежит организация совместной или единой транспортной службы для всей составной или единой транспортной сети, служит основой для интеграции различных сетевых технологий в современных цифровых сетях.

Наибольшее распространение для построения составных сетей получил стек протоколов TCP/IP, имеющий четыре уровня: прикладной, основной, уровень межсетевого взаимодействия и уровень сетевых интерфейсов. Прикладной уровень объединяет все службы, предоставляемые системой пользователем приложениям, такие как традиционные сетевые службы Telnet, FTP, DNS, SNMP, HTTP. На основном уровне стека протоколов TCP/IP, называемом также транспортным, работают протоколы TCP и UDP. Протокол управления передачей TCP обеспечивает надежную информационную связь между двумя конечными узлами. Дейтаграммный протокол UDP используется как экономичное средство связи уровней межсетевого взаимодействия с прикладным уровнем. Уровень межсетевого взаимодействия реализует концепцию коммутации пакетов в режиме без установления соединений. Протоколы уровня сетевых интерфейсов стека TCP/IP интегрируются в составную сеть других сетей различных технологий.

6.9. Реализация современных цифровых сетей связи

Технологии передачи информации в сетях доступа

В сетях доступа наибольшее применение находят цифровые технологии ПЦИ/PDH, СЦИ/SDH и ATM, но требуют при этом наличия высокоскоростных линий связи. Применение технологий xDSL (Digital Subscriber Line, цифровая абонентская линия) в сетях доступа позволяет использовать в качестве последней мили существующие медные кабели.

Технологии, использующие существующие кабельные инфраструктуры (не требующие модернизации или создания их заново), более эффективны для реализации ведомственных сетей связи, так как не требуется время и затраты на модернизацию кабельной инфраструктуры, а стоимость каналаобразующей аппаратуры постоянно снижается с развитием электроники.

Под названием xDSL подразумевается семейство технологий, предназначенных для организации цифровых абонентских линий с

Автоматизированные системы управления и связь

использованием в качестве среды передачи медных витых пар существующих абонентских телефонных кабельных систем. Семейство xDSL включает следующие технологии:

- DSL;
- IDSL;
- HDSL, SDSL;
- ADSL, RADSL, UADSL;
- VDSL.

Оборудование xDSL для передачи информации не ограничивается спектром канала телефонной частоты, а используют всю возможную пропускную способность телефонных линий. Широкий спектр частот не позволяет аппаратуре работать по коммутируемой линии и определяет ее применение только на участке телефонных кабельных систем между абонентом и сетью передачи данных поставщика услуг или между двумя абонентами при непосредственном соединении их абонентских линий.

Отличительной чертой модемов xDSL является использование спектра частот, не пересекающегося со спектром канала телефонной частоты, благодаря чему по абонентской линии можно вести телефонные переговоры одновременно с передачей цифровой информации.

Транкинговые системы связи

С увеличением числа потребителей резко возрастает дефицит рабочих частот. Для повышения эффективности использования каждой рабочей частоты предложено применять транкинговые системы.

Под *транкингом* понимается динамическое распределение ограниченного количества каналов связи среди большого числа абонентов. Управление доступом к свободным радиоканалам осуществляет транкинговая система, а не пользователь. Как и в телефонной сети абонент может указать конечный пункт, а не маршрут, по которому будет произведено соединение двух корреспондентов (пользователей).

К транкинговым (транковым) системам относятся радиально-зоновые системы наземной подвижной радиосвязи, использующие автоматическое распределение каналов связи ретрансляторов между абонентами, в совокупности заполняющие обширную нишу между «обычными» портативными радиостанциями и сотовыми телефонами.

С технической точки зрения современные транкинговые системы имеют не так уж много существенных отличий от сотовых систем. Основная разница заключается, скорее, в их функциональном назначении. Транкинговые системы, как правило, предназначены для организации замкнутых производственных сетей, где основная доля трафика (до 90 %) приходится на внутренние связи. Применение находят абонентские терминалы различных типов: персональные, мобильные, стационарные. Площадь обслуживаемой территории может достигать размеров административного района или области. Ядро системы – базовая станция, являющаяся многоканальным интеллектуальным ретранслятором.

Автоматизированные системы управления и связь

Известны и разветвленные многозоновые системы, где одновременно функционируют несколько базовых станций, связанных между собой магистральными линиями связи. В зависимости от типа застройки обслуживаемого района, класса абонентского оборудования, высоты установки антенны и рельефа местности транкинговая система позволяет обслуживать зоны, радиусом от 2 до 80 км, одной базовой станцией.

Существуют три основные конфигурации транкинговых систем связи: однозоновая; многозоновая, включающая несколько однозоновых; и региональная, объединяющая несколько многозоновых.

Основные преимущества транкинговой системы связи:

1. Эффективное использование частотного спектра даже для небольшого гарнизона пожарной охраны.

2. Возможность связи подвижного абонента с любым абонентом города и наоборот.

3. Существенная экономическая выгода внедрения такой системы, т.к. для соединения базовых станций используются существующие телефонные каналы связи (например, в сотовых системах нужны свои выделенные нормированные каналы проводной связи). 20 абонентов сотовой системы платят на 100 тыс. дол. в год больше, чем в транкинговой системе связи.

4. Канал управления позволяет: обеспечить возможность ведения групповых и индивидуальных разговоров и связи с абонентами АТС; автоматическую постановку на очередь, когда заняты все каналы; присвоение абонентам до 8 уровней приоритета.

Алгоритм работы системы.

Структурная схема транкинговой системы радиотелефонной связи представлена на рис. 2. Соединение между двумя абонентскими мобильными станциями (АС) происходит следующим образом.

В режиме ожидания все АС находятся на приеме на канале f_{yk} (канал управления может быть использован для передачи важных сообщений, например, аварийных вызовов). Для вызова АС на f_{yk} посылают запрос на зонный контролер (ЗК), который выбирает свободный рабочий канал (один из 8) и сообщает на канале f_{yk} обеим АС об этом рабочем канале (f_{1-7}). После этого обе АС переключаются на рабочий канал f_p и связываются между собой. После окончания сеанса связи обе АС освобождают f_p и переключаются на частоту f_{yk} . Рабочий канал освобождается и поступает в общее пользование для всех абонентов сети связи.

В многозоновой системе часть каналов в каждой зоне выделяется под обслуживание межзоновых коммутаций. Базовые станции различных зон должны соединяться линиями связи. Для этого используются обычные абонентские телефонные линии ГАТС, что позволяет в несколько раз снизить стоимость системы.

Зонный контролер запрашивает центральный контролер (ЦК) о месте нахождения вызываемого абонента. Если он находится в той же зоне, то дальнейшее соединение происходит так, как было описано выше.

Автоматизированные системы управления и связь

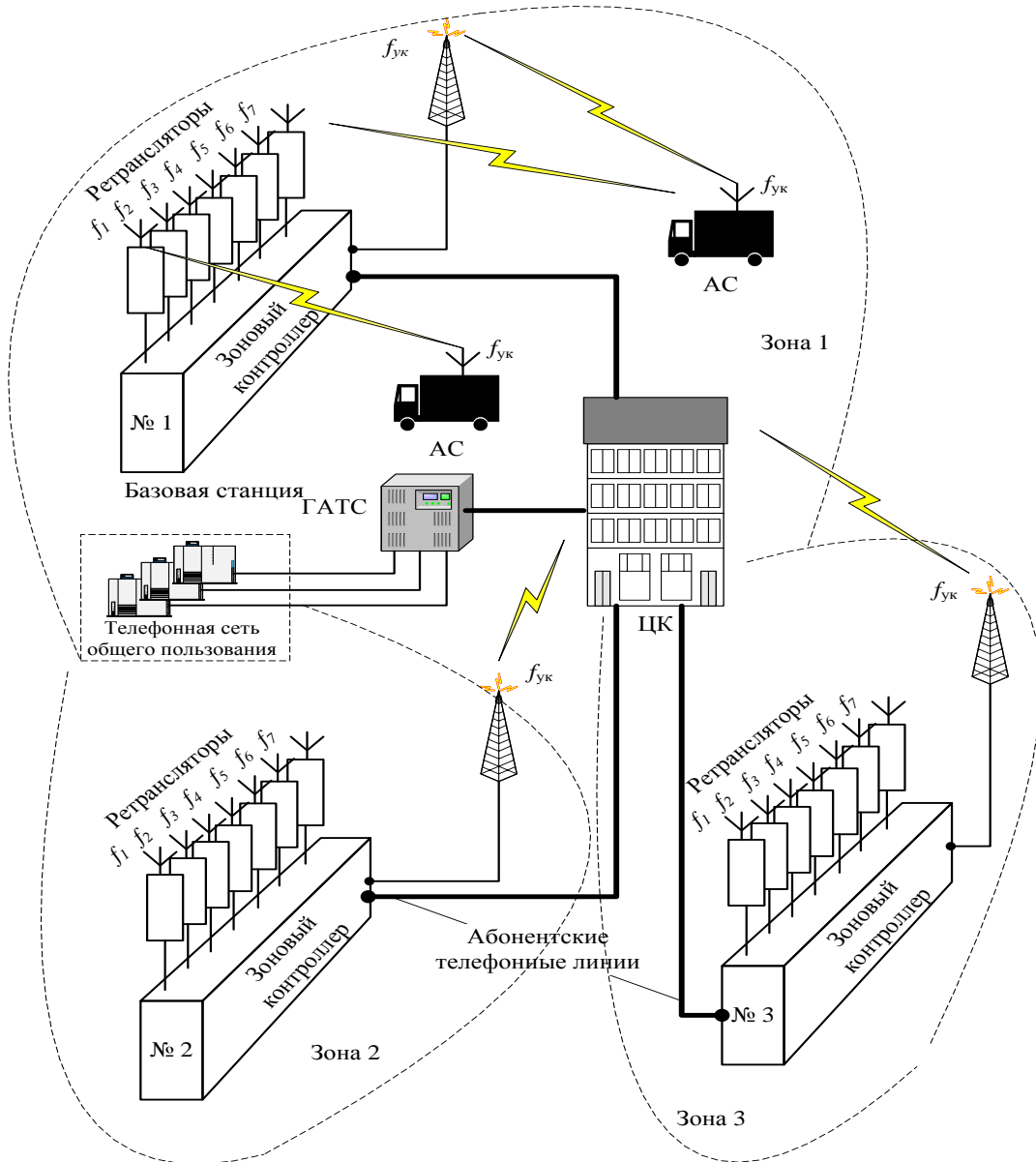


Рис. 2. Структурная схема транкинговой системы радиотелефонной связи:
 $f_{ук}$ – канал управления и сбора информации о местонахождении АС;
 ЦК – центральный контроллер

Если вызываемый абонент находится в другой зоне, ЦК разрешает маршрут соединения и отправляет сигнал на ЗК, который обеспечивает связь с нужной зоной по коммутируемой им выделенной линии. В дальнейшем связь базовых станций должна осуществляться на рабочих частотах f_1 - f_8 .

Таким образом, транкинговые системы позволяют наиболее эффективно использовать частотный спектр и организовать сети радио и радиотелефонной связи.

Автоматизированные системы управления и связь

Системы персонального радиовызова

Принципиальным фактором, определяющим значимость СПРВ для потребителя, является размер рабочей зоны, который зависит от способа организации пейджинговой сети – радиального и сотового.

Радиальный способ применяют, как правило, в ведомственных (локальных) или небольших городских сетях, в которых передача сообщений осуществляется одним передатчиком. При этом из-за особенностей распространения радиоволн, используемых для пейджинговой связи, дальность действия определяется, в основном, высотой установки передающей антенны.

Размеры рабочей зоны пейджинговых сетей могут быть значительно увеличены путем сотовой организации связи – увеличением числа и рациональным размещением базовых станций. Этот способ связи получил распространение в больших городах, а также при организации региональных и федеральных сетей.

СПРВ делятся на односторонние и двусторонние.

Односторонние пейджинговые сети (рис. 3), которые сейчас имеют наибольшее распространение, обеспечивают сплошное перекрытие всей зоны обслуживания. Данная сеть обладает достаточно богатым набором сервисных услуг, среди которых можно выделить возможность приема сообщений на пейджер как от телефонной сети общего назначения и подвижных сетей радиосвязи, так и от модемов персональных компьютеров и телефаксов.

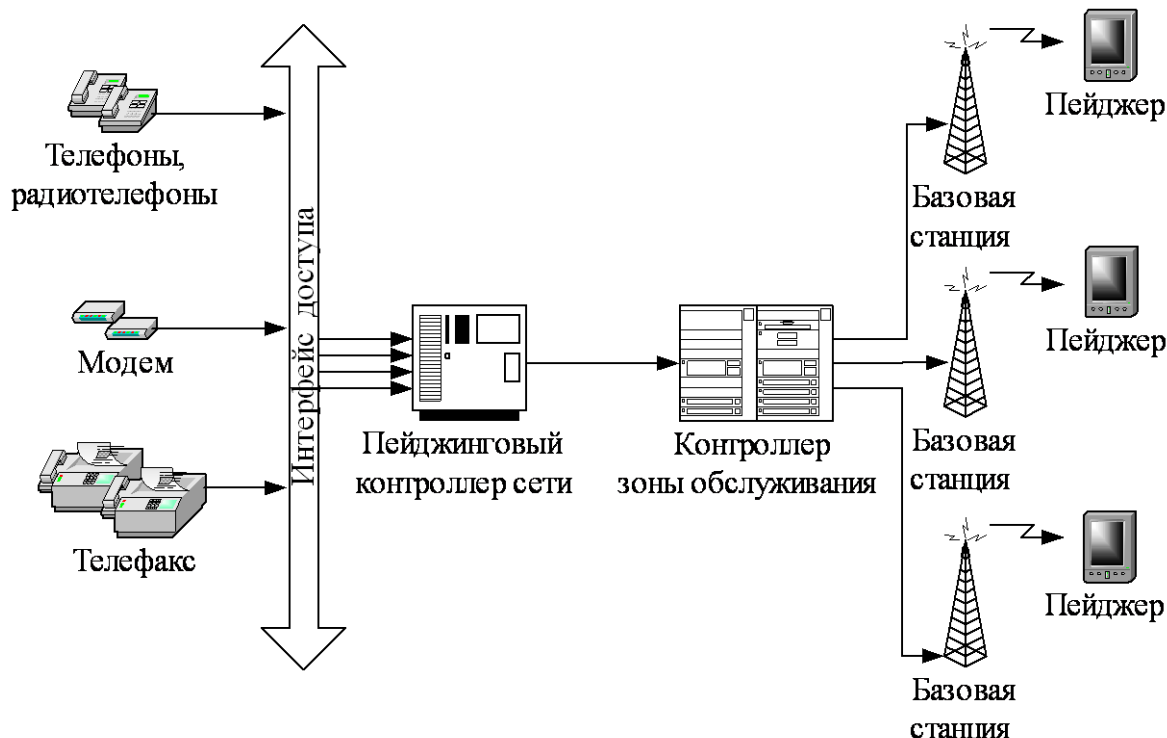


Рис. 3. Схема односторонней пейджинговой сети

На пейджинговый контроллер сети информация попадает через интерфейс доступа, который является системой сбора и обработки поступающей

Автоматизированные системы управления и связь

информации и в общем случае включает в себя локальные рабочие места операторов, соединенные с коммутационным сервером сети.

Основным недостатком пейджинговых сетей с односторонней связью является невозможность контроля доставки сообщения абоненту. Односторонние пейджинговые сети можно разделить на ведомственные, городские, региональные и федеральные.

Ведомственные или локальные пейджинговые сети построены по радиальному принципу и используются в рамках какого-либо предприятия для обеспечения оперативной связи с сотрудниками. Основными особенностями ведомственных сетей является ограниченное число абонентов и сравнительно небольшой радиус действия (до 5км). Простой вариант комплекта оборудования локальной пейджинговой сети приведен на рис. 4. Типичные области применения локальных сетей: гостиницы, больницы, аэропорты, крупные промышленные предприятия.

Сердцем такой локальной сети является **пейджинговый терминал**. Он преобразует передаваемую информацию в специальные сигналы и управляет маломощным (до 5 Вт) передатчиком (терминал и передатчик могут объединяться в одном корпусе). В простейших пейджинговых терминалах предусмотрен ввод сообщений посредством встроенной клавиатуры. Вся передаваемая информация должна поступать на пульт оператора пейджинговой сети.

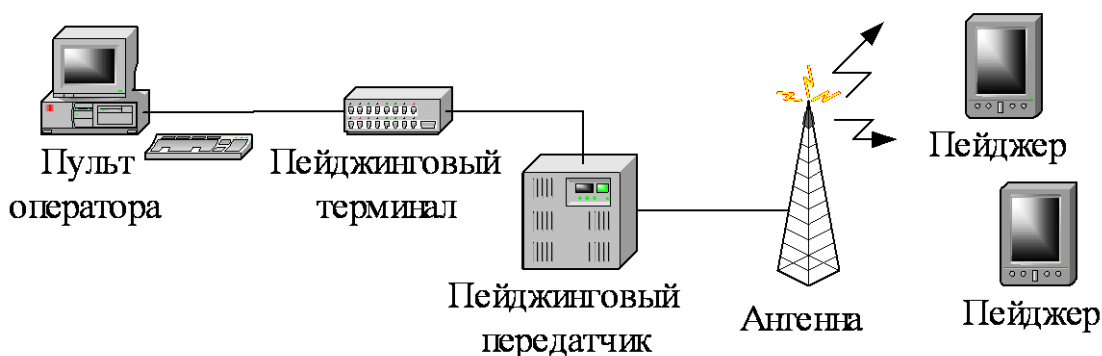


Рис. 4. Локальная пейджинговая сеть

Подвижные системы сотовой радиосвязи

Сотовые телефоны и пейджеры можно отнести к портативным видам связи. Их основное назначение – оперативная связь с сотрудниками, которые по роду своей работы часто отсутствуют на своем постоянном рабочем месте. Исходя из характера задач и с учетом действующих тарифов на услуги, пейджерами обычно оснащаются работники нижнего и среднего звена, а сотовыми телефонами – руководящий состав.

Поскольку затраты на создание сотовых сетей и пейджинга велики, целесообразно арендовать необходимую емкость у местных операторов и приобрести нужное количество абонентских терминалов для своих сотрудников. По этой причине сотовую связь и пейджинг можно рассматривать как дополнительные достаточно удобные виды оперативной связи.

Автоматизированные системы управления и связь

Основной тип сервиса, предоставляемый сотовыми сетями – мобильная телефонная связь. Иные услуги (например, передача данных) развиты слабо. Тем не менее, перспективные системы подвижной связи общего пользования (например, IMT-2000) изначально создаются как универсальные средства, которые будут предоставлять весь современный набор телекоммуникационных услуг вплоть до мультимедиа. На сегодняшний день в России функционируют сотовые сети трех основных стандартов: NMT-450, AMPS/DAMPS, GSM. Развиваются беспроводные системы, основанные на других стандартах и технологиях, например, IS-95 (CDMA), DCS-1800 (аналог GSM в более высоком частотном диапазоне), DECT. В большинстве случаев для пользователя главное – репутация оператора, его тарифная политика, зона обслуживания в данный момент и в перспективе. Главные особенности таких сетей:

- возможность интеграции мобильных телефонов в учрежденческую АТС компании, а внутренних офисных телефонов в городскую сеть;
- гибкая система оплаты услуг в зависимости от количества мобильных телефонов (наибольшая эффективность достигается при наличии 20 и более аппаратов);
- индивидуальное абонентское обслуживание компании специально выделяемыми менеджерами компаний;
- предоставление сотовых каналов для дополнительных приложений (банкоматы, системы сигнализации, местоопределение мобильных объектов и т.д.).

Каждая из сот обслуживается многоканальным приемопередатчиком, называемым **базовой станцией**. Она служит своеобразным интерфейсом между подвижным сотовым телефоном и центром коммутации. Число каналов базовой станции обычно кратно 8, например, 8, 16, 32... Один из каналов является управляющим (control channel). На этом канале происходит непосредственное установление соединения при вызове подвижного абонента сети, а сам разговор начинается только после того, как будет найден свободный в данный момент канал и произойдет переключение на него.

Все базовые станции соединены с центром коммутации (коммутатором) по выделенным проводным или радиорелейным каналам связи (рис. 5).

Центр коммутации MSC – это автоматическая телефонная станция системы сотовой связи, обеспечивающая все функции управления сетью. Он осуществляет постоянное слежение за подвижными станциями, организует их эстафетную передачу, в процессе которой достигается непрерывность связи при перемещении подвижной станции из соты в соту и переключение рабочих каналов в соте при появлении помех или неисправностей, производит соединение подвижного абонента с тем, кто ему необходим в обычной телефонной сети и др.

Автоматизированные системы управления и связь

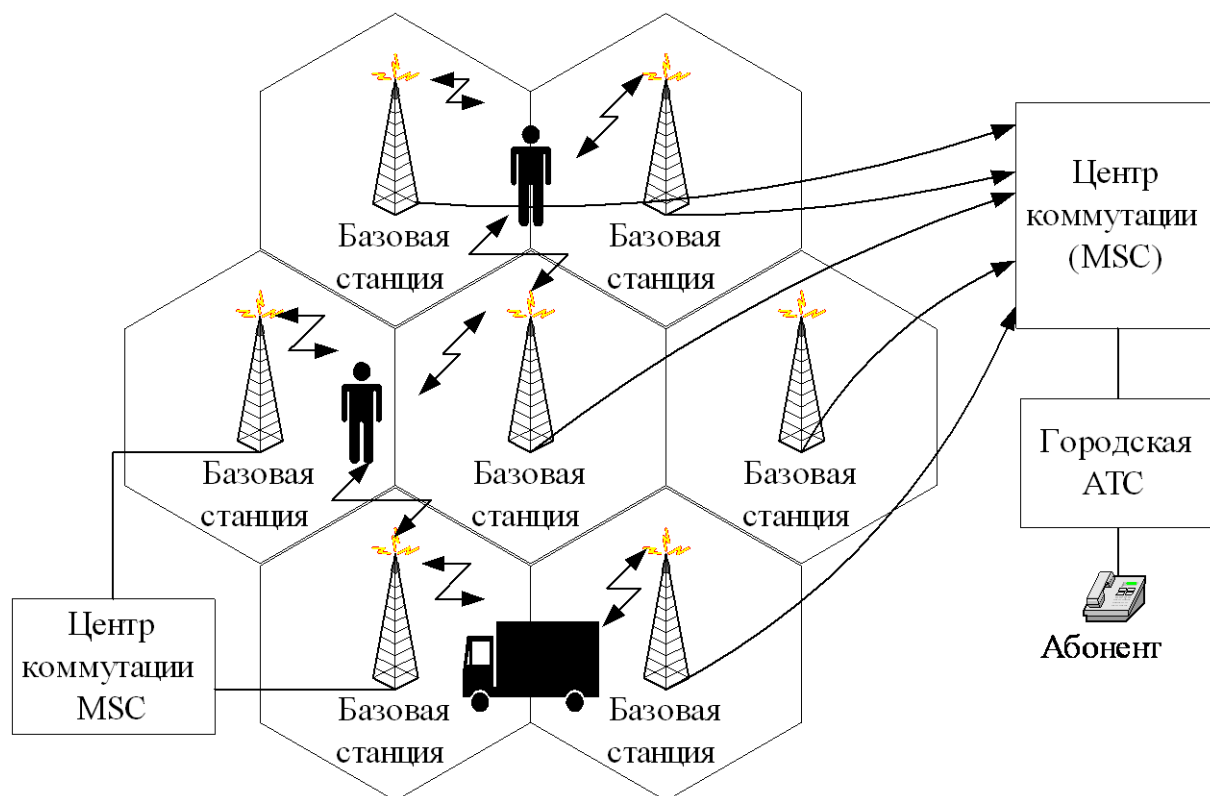


Рис. 5. Схема построения системы сотовой связи

Спутниковые системы персональной связи

Основные этапы развития спутниковых (космических) систем связи:

- середина 60-х годов: начало коммерческого использования спутников-ретрансляторов для многоканальной связи, передачи телепрограмм и т.п.;
- 70-е годы: создание систем спутниковой связи, спутникового телевидения коллективного пользования;
- 80-е годы: появление технологии VSAT (Very Small Aperture Terminal) – технологии малых спутниковых терминалов, устанавливаемых прямо у пользователей, и непосредственного спутникового телевизионного вещания;
- конец 90-х годов: начало эксплуатации глобальных спутниковых систем связи.

Основное преимущество ССПС – отсутствие ограничений по привязке к конкретной местности Земли. Услуги, предоставляемые системами спутниковой связи, можно разделить на три основных класса:

- системы пакетной передачи данных (доставки циркулярных сообщений, автоматизированного сбора данных о состоянии различных объектов, в том числе транспортных средств и т.д.);
- системы речевой (радиотелефонной) связи;
- системы для определения местоположения (координат) потребителей.

Структура спутниковых систем персональной связи. В состав спутниковой системы связи входят следующие составляющие сегменты (см. рис. 6):

- космический сегмент, состоящий из нескольких спутников-ретрансляторов;

Автоматизированные системы управления и связь

- наземный сегмент, состоящий из центра управления системой, центра запуска КА, командно-измерительных станций, центра управления связью и шлюзовых станций;
- пользовательский (абонентский) сегмент, осуществляющий связь при помощи персональных спутниковых терминалов;
- наземные сети связи, с которыми через интерфейс связи сопрягают шлюзовые станции космической связи.

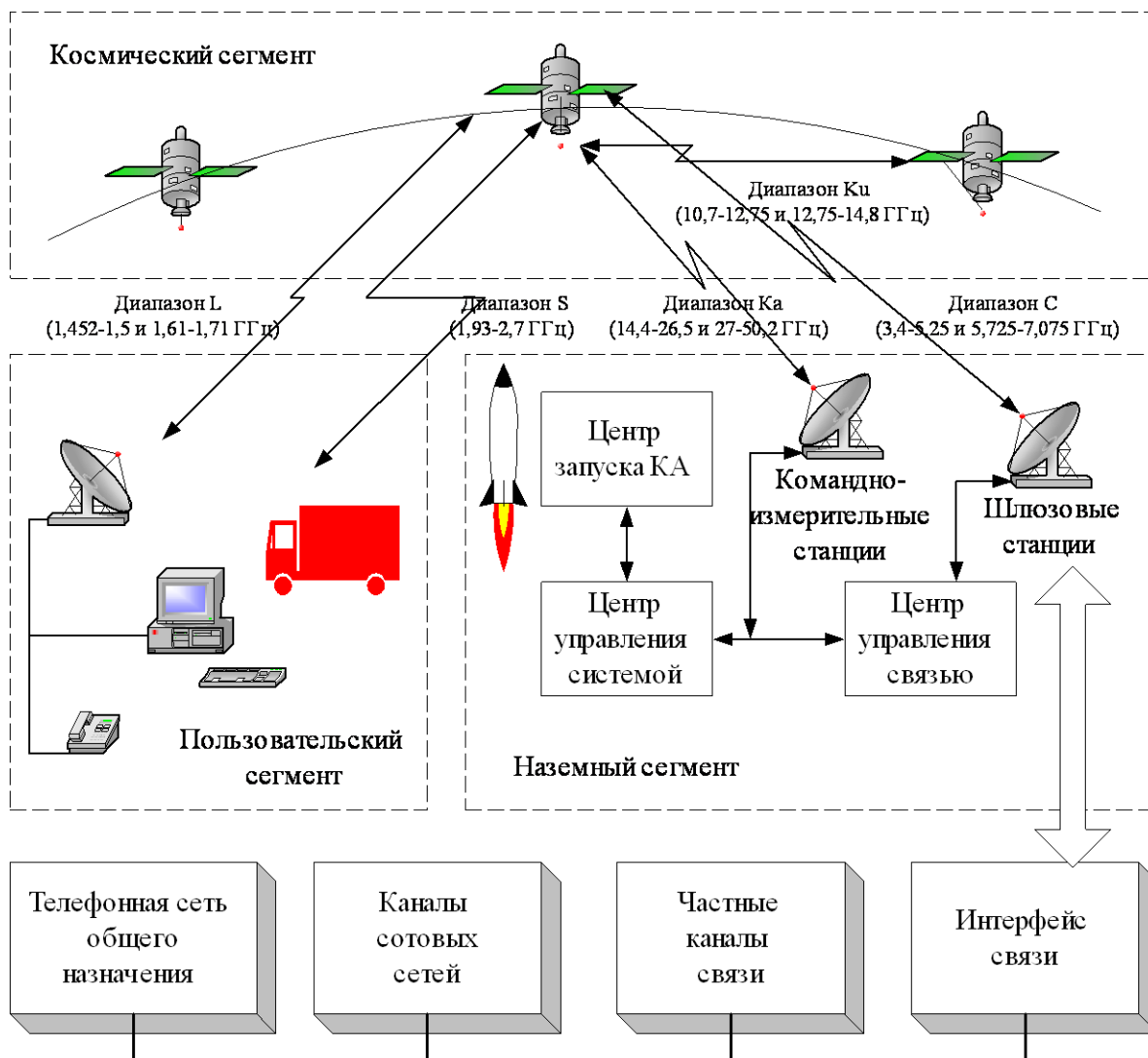


Рис. 6. Структура спутниковых систем персональной связи

ЛЕКЦИЯ №21

Тема №7 «Эксплуатация технических средств связи ТСС), используемых в пожарной охране»

Термин «эксплуатация» произошел от французского exploitation, что означает использование. Применительно к технике под термином «эксплуатация» понимают комплекс мероприятий, направленных на технически правильное использование объектов (приборов, машин, устройств, установок и т.п.), качественное и своевременное техническое обслуживание для поддержания их в работоспособном состоянии, качественный и своевременный ремонт, правильное хранение.

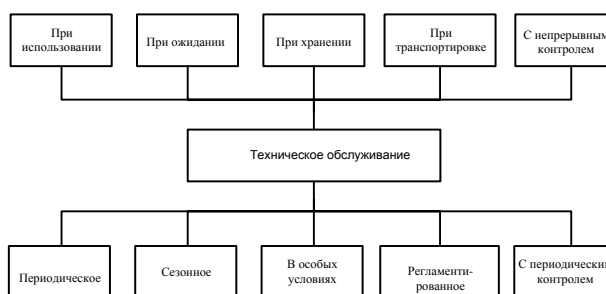


Рис.2. Виды технического обслуживания

7.1. Техническое обслуживание ТСС

ГОСТ 18322-78 определяет термин «техническое обслуживание» как комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности изделия (технического устройства) при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании. ГОСТ 18322-78 насчитывает десять видов технического обслуживания (рис. 2).

В системе технического обслуживания можно выделить две важнейшие подсистемы: **профилактику** и **восстановление (ремонт)**, которые тесно связаны между собой.

Профилактика – это группа операций (имеющая плано-предупредительный характер) для поддержания технического устройства в работоспособном состоянии при заданном уровне надежности. Профилактику, как правило, осуществляют в заранее намеченные сроки, однако она может производиться и в незапланированные сроки – одновременно с восстановлением работоспособности технического устройства после **отказа**.

Ремонт – комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности технических устройств (или их составных частей), по восстановлению их ресурса.

Все перечисленные выше определения, связанные с техническим обслуживанием любой системы, в полной мере можно отнести к техническому обслуживанию ТСС.

Автоматизированные системы управления и связь

Давая определение термину «профилактика», мы назвали понятия **надежности, работоспособности и отказа**. Согласно ГОСТ 13377-75, термин **«надежность»** определяется как свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Следует отметить, что надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации может включать **безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохранность** (в отдельности или определенном сочетании этих свойств как для объекта в целом, так и для его частей).

Все перечисленные характеристики надежности как общего понятия можно отнести и к ТСС (рис. 3). Поэтому под **безотказностью ТСС** понимают свойство объекта (технического устройства) непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Под **долговечностью ТСС** понимают свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

Ремонтпригодность ТСС – свойство объекта приспособляемость к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, к устранению их последствий путем проведения технического обслуживания.

Под **сохраняемостью ТСС** имеют в виду свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение хранения и после него, а также во время транспортирования и после него.

К характеристикам надежности относятся понятия работоспособности и отказа.

Работоспособность – это такое состояние объекта (технического устройства), при котором оно способно выполнять заданные функции согласно указаниям, данным в технической документации.

Отказ согласно ГОСТ 13377-75) – событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта.

Как известно, изделия (технические устройства) делятся на **восстанавливаемые и невосстанавливаемые**. Критериями надежности невосстанавливаемых изделий являются вероятность безотказной работы $P(t)$; интенсивность отказов $\lambda(t)$; частота отказов $f(t)$; средняя наработка до отказа T_{cp} .

Вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает, называется **вероятностью безотказной работы**. Статистически эту вероятность $P(t)$ можно определить по формуле

$$P(t) = \frac{N - n(t)}{N}, \quad (7.1)$$

где $N(t_0)$ – число изделий, поставленных на испытание в момент времени $t_0=0$;

$n(t)$ - число изделий, отказавших за время t .

Автоматизированные системы управления и связь

Частотой отказов называется отношение числа отказавших изделий в единицу времени к числу изделий, поставленных на испытания при условии, что вышедшие из строя изделия не восстанавливаются. Статистическое значение частоты отказов $f(t)$ равно:

$$f(t) = \frac{n(t)}{N(t) \Delta t}, \quad (7.2)$$

где $n(t)$ - число отказавших изделий в интервале времени $\Delta t = t - t_0$.

Статистическое значение интенсивности отказов определяется как отношение числа отказавших изделий в единицу времени к среднему числу изделий, исправно работающих в данный отрезок времени:

$$f = \frac{n(t)}{N_{cp} \Delta t} \quad (7.3)$$

где N_{cp} – среднее число исправно работающих изделий в интервале Δt .

Зависимость интенсивности отказов от времени показана на рис. 4.4. Выделяются три участка: I – период приработки аппаратуры; II – период нормальной эксплуатации, характеризуемый постоянством значения; III – период эксплуатации, характеризуемый значительным увеличением интенсивности отказов за счет износа и старения элементов.

Средняя наработка до отказа по статистическим данным определяется по формуле

$$f_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N(t_0)}, \quad (7.4)$$

где t_i – время исправной работы i-го образца;

$N(t_0)$ – число испытуемых изделий, поставленных на испытание в момент времени t_0 .

С помощью рассмотренных критериев можно оценить надежность восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий.

Критерием надежности восстанавливаемых изделий является наработка на отказ – отношение наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки. Эта характеристика может быть определена по статистическим данным в период эксплуатации по формуле

$$f_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (7.6)$$

где n – число отказов.

Связь между интенсивностью отказов и наработкой на отказ выражается зависимостью (при $\lambda = \text{const}$, $t_{cp} = T_0$):

$$T = \frac{1}{\lambda} \quad (7.7)$$

Формулу вероятности безотказной работы в этом случае можно записать в виде

Автоматизированные системы управления и связь

$$P(t) = \exp[-\lambda t] \quad (7.8)$$

или, учитывая (7.4),

$$P(t) = \exp\left[-\frac{t}{T_0}\right] \quad (7.9)$$

В теории надежности выражение (7.9) принято называть **экспоненциальным законом надежности**.

К количественным критериям надежности следует отнести ряд эксплуатационных коэффициентов. Одним из таких коэффициентов является коэффициент использования, который представляет собой отношение суммарного времени исправной работы изделия к общему времени работы и вынужденных простоев, взятых за один и тот же период эксплуатации:

$$K_u = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n t_{ni}}, \quad (7.11)$$

где $\sum_{i=1}^n t_i$ - время исправной работы между (i-1) и i-ой остановками;

$\sum_{i=1}^n t_{ni}$ - время, затрачиваемое на ремонт и техническое обслуживание;
 n - число перерывов в работе за выбранный период эксплуатации.

7.2. Виды технического обслуживания ТСС

При использовании по прямому назначению ТСС могут находиться в двух состояниях: включенными под напряжение (при выполнении основных функций) и обесточенными (при хранении, транспортировке, ожидании и др.).

Следует отметить, что использование ТСС по прямому назначению зависит от многих причин, неразрывно связанных между собой. Анализируя надежность ТСС, можно выявить ряд факторов, которые условно следует разделить на две группы: субъективные и объективные (рис. 3).

Субъективные факторы определяются деятельностью человека, начиная с момента проектирования аппаратуры. К объективным факторам главным образом относятся воздействие окружающей среды, длительность и условия эксплуатации.

Автоматизированные системы управления и связь

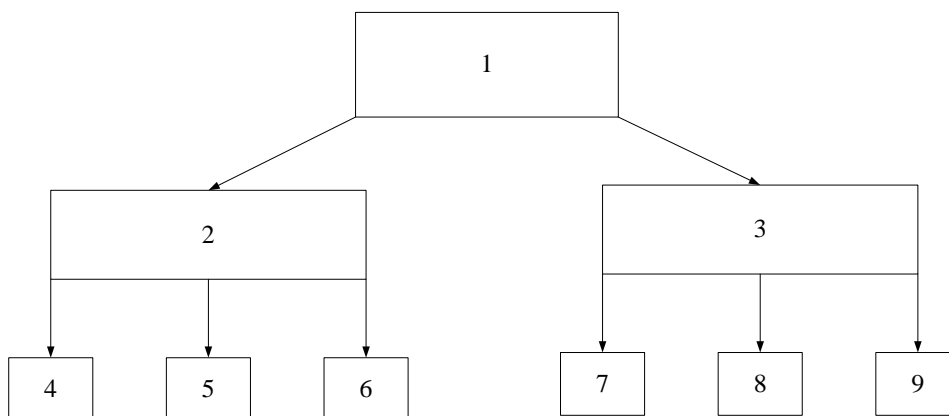


Рис. 3. Факторы, влияющие на надежность ССУ:

1 – факторы влияющие на надежность ССУ; 2 – объективные; 3 – субъективные; 4 – эксплуатационные; 5 – климатические; 6 – биологические; 7 – связанные с проектированием и изготовлением; 8 – связанные с особенностями данного производства; 9 – связанные с квалификацией обслуживающего персонала

Особенно важными этапами с точки зрения обеспечения надежности являются проектирование и изготовление. На стадии конструирования и изготовления надежность технического устройства обеспечивается путем выбора рациональных схемных и конструктивных решений; выбора элементов и материалов; технологии сборки и настройки; тренировки узлов и элементов; путем выбора объемов и методов необходимого контроля изготовления и сдачи готовой продукции. Надежность технического устройства зависит от числа входящих в него элементов. Уменьшение их приводит к повышению надежности.

Существенное влияние на надежность технических устройств оказывают объективные факторы: время эксплуатации (старение и изнашивание); электрические режимы; температура окружающей среды, влажность и атмосферные осадки; давление; солнечная радиация; механические нагрузки; биологические среды.

Особенно отрицательное явление оказывают резкие колебания температуры. Так, при низких температурах изоляционные материалы из пластмасс, резины теряют свою прочность, становятся хрупкими, растрескиваются, а заполненные влагой разрушаются. При повышенной температуре перегреваются и выходят из строя полупроводники, электронные лампы, снижаются поверхностное сопротивление изоляторов, увеличивает утечки токов на межэлементных соединениях. Высокая влажность приводит к возникновению коррозии на металлических частях, окислению контактов электромеханических реле и др.

На аппаратуру, эксплуатируемую в полевых условиях, влияет солнечная радиация (тепловые и ультрафиолетовые лучи), а также различного рода примеси, содержащиеся в воздухе в виде пыли, загрязняющей электрические переключающие контакты, ухудшающие стабильность параметров чувствительных трактов электросхем, а также механические нагрузки.

7.3. Задачи технического обслуживания ТСС. Ремонт

Как было сказано выше, система технического обслуживания включает две подсистемы – профилактику и ремонт, которые очень тесно связаны между собой. Выше мы дали определение этим понятиям, однако следует прежде, чем перейти к задачам технического обслуживания ТСС, рассмотреть вопрос о видах ремонта (рис.4).

Под капитальным ремонтом имеется в виду ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса изделия с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые.

Ремонт, выполняемый для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса изделия (технического устройства) с заменой или восстановлением составных частей ограниченной номенклатуры, носит название **среднего**.

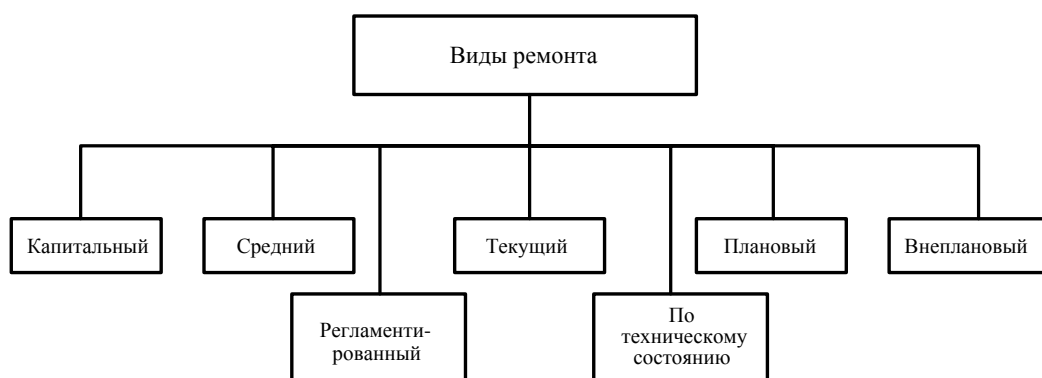


Рис. 4. Структурная схема видов ремонта

Значение частично восстанавливаемого ресурса определяется нормативно-технической документацией.

Под **текущим ремонтом** имеют в виду ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности изделия и состоящий в замене или восстановлении его отдельных частей.

Ремонт, постановка на который осуществляется в соответствии с требованиями нормативно-технической документации, носит название **планового**. Плановый ремонт, выполняемый с периодичностью и в объеме, установленными в эксплуатационной документации (независимо от технического состояния изделия в момент начала ремонта), называется **регламентированным**.

Говоря о методах ремонта, следует особо отметить агрегатный метод, при котором сборочная единица, обладающая свойствами полной взаимозаменяемости и самостоятельного выполнения определенной функции, заменяется новой или заранее отремонтированной.

Задачи технического обслуживания ТСС в общем виде можно сформулировать как профилактику (с целью предупреждения отказов) и ремонт (с целью предупреждения отказов) и ремонт (с целью восстановления работоспособности) неисправной аппаратуры.

Профилактические мероприятия осуществляются, в основном, в три этапа:

Автоматизированные системы управления и связь

- 1) при обесточенной аппаратуре производятся
 - а) разборка, осмотр состояния креплений, паек и монтажа;
 - б) чистка элементов и блоков, замена смазки;
 - в) проверка качества изоляции монтажа, кабелей; проверка утечки конденсаторов;
 - г) проверка надежности срабатывания контактов и реле с помощью соответствующей контрольно-измерительной аппаратуры;
- 2) при испытании аппаратуры под током осуществляются
 - а) проверка и подбор режимов работы;
 - б) проверка работоспособности элементов и узлов при различных режимах;
 - в) регулировка и настройка отдельных параметров элементов и узлов;
- 3) при контроле функционирования аппаратуры производятся
 - а) контроль работоспособности при различных режимах работы;
 - б) комплексная отладка и проверка основных параметров в целом.

Объем и периодичность выполнения профилактических работ определяются специально разработанным применительно к данному типу технических устройств **регламентом**, т.е. сводом правил, устанавливающим соответствующий порядок работ.

В состав среднего ремонта входят работы, связанные с заменой определенных функциональных элементов, у которых истек ресурс работы или необходима замена элементов, пришедших в негодность в результате неправильного их использования. В зависимости от характера неисправности средний ремонт ТСС может производиться личным составом частей связи, передвижными мастерскими и мастерскими по ремонту средств связи при технических частях гарнизонов пожарной охраны.

Следует отметить, что при среднем ремонте одновременно выполняется полный объем контрольно-регулирующих работ.

При текущем (или малом) ремонте устраняются мелкие повреждения, а также выполняются различного рода регулировочные работы. Текущий ремонт производится, как правило, силами и средствами обслуживающего персонала подразделений пожарной охраны, в которых производится использование средств связи по назначению.

7.4. Периодичность и объем профилактики ТСС

Ряд технических средств связи, установленных на ЦцС и ПСЧ, работают в непрерывном режиме. При эксплуатации непрерывно работающей аппаратуры в ней могут возникать два вида отказов – внезапные и постепенные. **Внезапные отказы** представляют собой простейший поток случайных событий, который характеризуется постоянной интенсивностью отказов $\lambda_{вн} = \text{const}$. Такие отказы не поддаются прогнозированию, поэтому профилактировать их невозможно. Внезапные отказы устраняют по мере их появления.

Постепенные отказы возникают в результате постепенного изменения параметров элементов аппаратуры, что в целом позволяет предотвратить отказы проведением профилактических мероприятий (регламентных работ). Возникает

Автоматизированные системы управления и связь

задача выбора величины периода выполнения профилактических работ. Известно, что при сокращении периода между выполнением очередных профилактических работ повышается надежность аппаратуры, но при этом увеличивается объем данных работ. Очевидно, что существует оптимальное значение величины периода проведения профилактических работ, при котором обеспечивается наилучшее соотношение между надежностью аппаратуры и объемом профилактики. Оптимальный период проведения профилактических работ $T_{пр.опт}$ определяется выражением:

$$T_{опт} = \sqrt{\frac{2T_{np}}{\lambda_{н.о.}}} = \sqrt{2T_{np} \cdot T_{но}}, \quad (1)$$

где: $T_{пр}$ – среднее время выполнения одной профилактики;

$\lambda_{но}=1/T_{но}$ – интенсивность постепенных отказов, обнаруженных при контроле параметров аппаратуры.

Для аппаратуры циклического действия с большим перерывом между включением под номинальную токовую нагрузку (мобильные и носимые радиостанции, используемые для оперативной связи при тушении пожаров) основным критерием, характеризующим ее эксплуатационные свойства, является вероятность безотказной работы на некоторое календарное время t :

$$P(t)=N_i(t)/N; \quad (2)$$

где: N – общее число исправных ТСС в начале эксплуатации;

$N_i(t)$ – число ТСС, в которых не возникало ни одной неисправности за время t .

Суммарное время работы ТСС в указанном режиме состоит из трех составляющих:

$$t=t_{xp}+t_p+t_{ин}, \quad (3)$$

где: t_{xp} – время хранения аппаратуры;

t_p – время работы под током при регламентных работах;

$t_{ин}$ – время работы аппаратуры под током при использовании по назначению.

Уровень надежности ТСС, естественно, будет повышаться при уменьшении периода выполнения профилактических работ. Вместе с тем будет возрастать суммарный объем этих работ за определенное время (например, год). В связи с этим следует принимать максимальное значение периода $T_{р.мах}$. При этом

$$P_{доп.1} = e^{-\lambda_p t_p} e^{-\lambda_{xp} t_{xp}} = e^{-\lambda_p T_{р.мах}}, \quad (12)$$

Откуда

$$T_{р.э.мах} = -\frac{\ln P_{доп.1}}{\lambda_p}, \quad (13)$$

где: $T_{р.э.мах}=t_p+K_x t_x=t_p+t_{рхр}$ – максимальный эквивалентный период проведения регламентных работ, приведенный к режиму работы ТСС под током в стационарных условиях при подготовке к использованию по назначению.

Автоматизированные системы управления и связь

При эксплуатации ТСС можно узнать время работы под током. Тогда нетрудно найти допустимое максимальное время хранения t_{xp} , при котором обеспечивается выполнение условия (11):

$$t_{xp} = \frac{T_{p.э.макс} - t_p}{K_{xp}} \quad (14)$$

Максимальный период выполнения регламентных работ определяется как сумма времени хранения и работы ТСС под током:

$$T_{p\max} = t_p + \frac{T_{p\max} - t_p}{K_x}, \quad (15)$$

или

$$T_{p\max} = t_p - \frac{T_o \cdot \ln P_{доп1} + t_p}{K_{xp}}, \quad (16)$$

$$T_o = \frac{1}{\lambda_p}$$

где: λ_p – наработка ТСС на отказ.

Формула (16) позволяет рассчитывать максимальный период выполнения регламентных работ ТСС разового или циклического действия, при котором обеспечивается поддержание их надежности к моменту использования по назначению в пределах:

$$P_{доп1} \leq P_{xp} \leq P_p \leq 1 \quad (17)$$

Так, если $\lambda_p = 0,01$ [1/ч]; $P_{доп1} = 0,95$; $t_p = 2$ ч; $K_{xp} = 10^{-3}$, максимальный период выполнения регламентных работ, согласно (16), будет:

$$T_{p.макс} = 2 - \frac{100 \ln 0,95 + 2}{10^{-3}} = 3002 \text{ ч} \approx 4,2 \text{ мес.}$$

Если ТСС только хранятся и не работают циклически под током ($t_p = 0$),

$$T_{p.макс} = -\frac{T_o \ln P_{доп1}}{K_{xp}} = \frac{100 \cdot 0,05}{10^{-3}} = 5000 \text{ ч} \approx 7 \text{ мес.}$$

7.5. ОЦЕНКА ДОСТАТОЧНОСТИ КОМПЛЕКТА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ, ИНСТРУМЕНТОВ И ПРИНАДЛЕЖНОСТЕЙ СРЕДСТВ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ

Эксплуатируемые средства связи и управления необходимо обеспечивать требуемым комплектом запасных элементов, так как в противном случае значительно увеличивается время восстановления. Для определения критерия достаточности запасных элементов проанализируем, из каких составляющих складывается среднее время восстановления ССУ. Оно находится из выражения:

$$T_b = T_a + T_{ад} + T_{п}, \quad (8.16)$$

где T_a – среднее время активного ремонта; $T_{ад}$ – среднее время вынужденного простоя при текущем ремонте из-за административных факторов; $T_{п}$ – среднее время вынужденного простоя аппаратуры из-за отсутствия в ЗИПе необходимых элементов (время снабжения).

Автоматизированные системы управления и связь

Представим выражение (8.16) в следующем виде:

$$T_{\text{в}} = T'_{\text{в}} + T_{\text{п}}, \quad (8.17)$$

где $T'_{\text{в}}$ – среднее время восстановления аппаратуры при неограниченном (идеальном) комплекте ЗИПа (т.е. при отсутствии задержек в снабжении).

Выразим среднее время восстановления аппаратуры через среднее время восстановления при отказе определенных элементов:

$$T_{\text{в}} = \sum_{i=1}^{\omega} t_{\text{в}i} \cdot q_i,$$

где $t_{\text{в}i}$ – среднее время восстановления при отказе i -го элемента; q_i – вероятность отказа аппаратуры из-за i -го элемента (при достоверном факте отказа аппаратуры); ω – число элементов в аппаратуре.

Время $t_{\text{в}i}$ можно представить в виде двух компонентов

$$t_{\text{в}i} = t'_{\text{в}i} + t_{\text{п}i},$$

соответствующих выражению (8.17) только для i -го элемента.

Осуществляя переход от конкретного элемента к группе однотипных элементов путем замены $t_{\text{в}i}$ на $t_{\text{в}j}$, q_i на q_j и ω на k , которые соответствуют значениям для группы элементов, получаем

$$T_{\text{в}} = T'_{\text{в}} + T_{\text{п}} = \sum_{i=1}^k t'_{\text{в}j} q_j + \sum_{j=1}^k t_{\text{п}j} q_j. \quad (8.18)$$

Из выражения (8.18) находим

$$T_{\text{п}} = \sum_{j=1}^k t_{\text{п}j} q_j,$$

где $t_{\text{п}j}$ – среднее время вынужденного простоя аппаратуры при текущем ремонте из-за элементов j -й группы; q_j – вероятность отказа из-за элементов j -й группы при отказе аппаратуры вообще (т.е. условная вероятность отказа аппаратуры из-за элементов j -й группы); k – число групп элементов в аппаратуре (номенклатура элементов).

Время $T_{\text{п}}$ может быть принято за критерий достаточности ЗИПа. Достаточность ЗИПа влияет и на коэффициент готовности аппаратуры

$$K_{\text{г}} = T_{\text{о}} / (T_{\text{о}} + T_{\text{в}})$$

или с учетом (8.17)

$$K_{\text{г}} = T_{\text{о}} / (T_{\text{о}} + T'_{\text{в}} + T_{\text{п}}),$$

где $T_{\text{о}}$ – наработка на отказ.

Выполнив соответствующие преобразования, получим

$$K_{\text{г}} = T_{\text{о}} / (T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) = T_{\text{о}} + T'_{\text{в}} / (T_{\text{о}} + T'_{\text{в}} + T_{\text{п}}) \cong K'_{\text{г}} K_{\text{об}},$$

где $K'_{\text{г}}$ – коэффициент готовности аппаратуры при неограниченном комплекте ЗИПа; $K_{\text{об}}$ – коэффициент обеспеченности аппаратуры запасными элементами.

Следовательно, среднее время восстановления аппаратуры и коэффициент готовности являются показателями ремонтпригодности, а среднее время простоя

Автоматизированные системы управления и связь

из-за недостатка ЗИП и коэффициент обеспеченности аппаратуры ЗИПом являются критериями обеспеченности запасными элементами.

Номенклатура запасных частей для обеспечения эксплуатации определяется на основании рекомендаций завода-изготовителя той или иной аппаратуры и опыта эксплуатации ее в реальных условиях. Количественный состав ЗИП аппаратуры следует считать достаточным, если по всем типам отказываемых элементов (заменяемых блоков, модулей) выполняются условия вида

$$m_i \leq m_{zi},$$

где m_i – число отказов элементов (заменяющих блоков, модулей) i -го типа; m_{zi} – число элементов (блоков, модулей) i -го типа, находящихся в ЗИПе.

7.6. Экономические показатели технического обслуживания ТСС

Стоимость технического обслуживания ТСС определяется его сложностью и в течение эксплуатации изменяется. Стоимость эксплуатации можно определить по формуле:

$$E_{\text{э}} = E_{\text{э.1}} + E_{\text{отк}} n = E_{\text{э.1}} + E_{\text{э.2}}, \quad (4.50)$$

где $E_{\text{э.1}}$ – стоимость эксплуатации аппаратуры без учета числа отказов;

$E_{\text{отк}}$ – стоимость отказов;

n – число отказов;

$E_{\text{э.2}}$ – стоимость устранения n отказов.

На стоимости обслуживания ТСС сказываются безотказность и ремонтпригодность, влияющие на коэффициент готовности ТСС.

При более высоком коэффициенте готовности (этого можно достичь за счет совершенствования конструкций) сокращается и стоимость эксплуатации аппаратуры. Более высокий коэффициент готовности средств связи дает возможность (за счет повышения оперативности управления подразделениями пожарной охраны) сократить ущерб, наносимый пожарами. Это положение может быть выражено формулой:

$$E_y = E_{y.c}(n_1 T_{B.1} - n_2 T_{B.2}) \quad (4.51)$$

где E_y – стоимость ущерба от пожара из-за простоя аппаратуры связи;

$E_{y.c}$ – среднее значение стоимости убытка от пожаров, приходящееся на единицу времени неработоспособного состояния ТСС;

n_1, n_2 – число отказов для 1-го и 2-го K_r соответственно;

$T_{B.1}, T_{B.2}$ – время восстановления для K_{r1} и K_{r2} .

Повышение K_r приводит к снижению текущего ремонта:

$$E_{T.p.} = E_{c.отк}(n_1 - n_2) \quad \text{при } n_1 = \lambda_1 t; n_2 = \lambda_2 t, \quad (4.52)$$

Автоматизированные системы управления и связь

где $E_{c.отк}$ – средняя стоимость устранения одного отказа;

t – рассматриваемый отрезок времени (например, год);

λ_1, λ_2 – интенсивности отказов, соответствующие коэффициентам готовности $K_{г1}$ и $K_{г2}$.

Просуммировав стоимость затрат на приобретение ТСС – E_{np} , стоимость убытков от пожаров – E_y , стоимость текущего ремонта $E_{т.р}$, получим общую экономию средств за счет повышения коэффициента готовности:

$$E = E_{np} + E_y + E_{m.p} = \frac{\Delta K_{\varepsilon}}{K_{\varepsilon 2}} E_{np.1} + E_{y.c.} (n_1 T_{B1} - n_1 T_{B2}) t (\lambda_1 T_{B1} - \lambda_2 T_{B2}) + E_{c.омк} (n_1 - n_2) t (\lambda_1 - \lambda_2) \quad (4.53)$$

где $E_{п1}$ – стоимость одного экземпляра ТСС.

На практике следует руководствоваться тем, чтобы расходы на повышение $K_{г}$ были бы меньше или равны экономии, получаемой в результате его повышения.

При эксплуатации технических средств важным моментом является обоснование целесообразности проведения ремонта ТСС, отработавших определенный период времени.

Одним из параметров, характеризующих целесообразность дальнейшей эксплуатации и ремонтов, является коэффициент стоимости очередного ремонта. Если стоимость очередного ремонта лежит в пределах средней стоимости ремонта при постоянной надежности, проведение срока службы данного изделия его можно продолжать эксплуатировать, если стоимость очередного ремонта находится в допустимых пределах средней стоимости ремонта, а интенсивность, отказов возрастает не более чем в 1,25 раза.

В случае, когда дополнительные расходы $\Delta E_{уд}$ на обслуживание и ремонт в процессе эксплуатации становятся равными или превышают удельную стоимость изделия $E_{уд}$ на единицу времени его работы, это изделие эксплуатировать в дальнейшем нецелесообразно. Данный метод определения целесообразности дальнейшей эксплуатации основан на использовании большого статистического материала, в приобретении которого всегда имеются трудности.

В заключение следует отметить, что показатели системы технического обслуживания и ремонта позволяют оценить затраты времени, труда и средств на техническое обслуживание и ремонты и содержат затраты, обусловленные во-первых, конструкцией и техническим состоянием средств связи, используемых в пожарной охране, во-вторых, затраты, обусловленные организацией и технологией выполнения технического обслуживания и ремонтов, материально-техническим обеспечением, квалификацией персонала, условиями окружающей среды и т.д.