

СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»**

С. А. Сазонова, С. А. Колодяжный, Е. А. Сушко

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И СВЯЗЬ

Учебное пособие для СПО

**Профобразование
Саратов • 2019**

УДК 614.8:004(07)
ББК 38.96:32.965я7
А22

Рецензенты:

Булыгин Ю. И. — д-р техн. наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды Донского государственного технического университета;
Кафедра пожарной безопасности технологических процессов
ФГБОУ ВПО ВИ ГПС МЧС России

А22 Автоматизированные системы управления и связь : учебное пособие для СПО / сост. С. А. Сазонова, С. А. Колодяжный, Е. А. Сушко ; Воронежский государственный технический университет. — Эл. изд.— Саратов : Профобразование, 2019. — 171 с. — (Среднее профессиональное образование)

ISBN 978-5-4488-0372-7

В учебном пособии рассматриваются основные принципы построения различных систем электрической связи, типовые средства электрической связи, применяемые в подразделениях, обеспечивающих пожарную безопасность объектов и населенных пунктов, изложены наиболее актуальные аспекты организации связи и эксплуатации средств связи, управления, оповещения, автоматизации и информатизации при обеспечении пожарной безопасности. Показаны особенности применения системы оповещения и автоматизированной системы связи и оперативного управления пожарной охраны в едином информационном пространстве МЧС России.

Учебное пособие предназначено для изучения дисциплины «Автоматизированные системы управления и связь» по специальностям среднего профессионального образования 20.02.02 «Защита в чрезвычайных ситуациях», 20.02.04 «Пожарная безопасность» и др.

Учебное электронное издание

*Для создания электронного издания использовано:
Приложение pdf2swf из ПО Swftools, ПО IPRbooks Reader,
разработанное на основе Adobe Air*

УДК 614.8:004(07)
ББК 38.96:32.965я7

ISBN 978-5-4488-0372-7

© Коллектив авторов, 2014
© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет», 2014
© Оформление. ООО «Профобразование», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Ускорение научно-технического прогресса невозможно без широкого применения автоматизированных систем управления, использующих современные информационные, коммуникационные технологии и новейшую вычислительную технику. Именно поэтому в последние годы в пожарной охране все шире внедряются автоматизированные системы оперативного управления силами и средствами тушения пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС). Для обеспечения в таких системах процессов обмена информацией между центром управления и пожарно-спасательными формированиями предусматривается широко разветвленная сеть каналов связи. При этом широко используются как проводные каналы связи, так и каналы радиосвязи.

Современные достижения в области электроники, связи и вычислительной техники позволяют создать региональные информационно-управляющие комплексы пожарной охраны, включающие в свой состав подсистемы автоматизированного управления гарнизонами пожарной охраны, противопожарной профилактики и оперативного управления силами и средствами тушения пожаров. Эффективное использование коммуникационных и информационных технологий в пожарной охране возможно лишь при условии овладения инженерно-техническими работниками Федеральной противопожарной службы (ФПС) определенными теоретическими знаниями и практическими навыками.

В настоящее время система центров управления и пунктов связи ФПС является отработанной системой эффективного управления силами ФПС по борьбе с пожарами и взаимодействию с населением по номеру телефона «01». Поэтому дальнейшее развитие единых дежурно-диспетчерских служб (ЕДДС) на базе центров управления силами ФПС должно проходить без снижения уровня готовности, оперативности и эффективности действий по тушению пожаров и ликвидации последствий ЧС различного вида.

Качественное решение этих вопросов во многом определяется подготовленностью личного состава подразделений ФПС, его знаниями предметной области АСУ и связи, умением применять эти знания на практике.

Своевременная и достоверная передача информации, ее комплексное использование способствует обоснованному принятию решений, рациональному использованию сил и средств при ликвидации пожаров.

Учебное пособие состоит из шести глав, в достаточном количестве содержащих информацию по изучаемой дисциплине в соответствии с учебным планом. В учебном пособии подробно изложен и проиллюстрирован теоретиче-

ский материал, имеются информация для самостоятельного изучения и контрольные вопросы.

Первая глава «Информационные основы связи» посвящена общему обзору по изучаемой дисциплине. В ней рассмотрены: общие сведения об электрической связи; системы передачи информации; кодирование и модуляция; количество информации и пропускная способность системы связи; средства связи и их классификация; общие сведения о полупроводниковых приборах; источники питания аппаратуры связи.

Во второй главе «Основы проводной связи» приводится достаточное количество информации о телефонной связи, о документальной связи, о телевизионной связи, об оптической связи, о громкоговорящей связи, о фиксированной связи и о системах передачи данных.

В третьей главе «Основы радиосвязи» рассматриваются: структура и основные элементы радиосвязи; система радиосвязи; особенности распространения радиоволн; оценка дальности и качества радиосвязи; системы и технологии мобильной связи; устройство и параметры радиостанций.

В четвертой главе «Организация службы связи в пожарной охране» изложена информация о единой службе связи ГПС МЧС России; приведены общие понятия о техническом обслуживании и надежности средств связи и управления; рассмотрены: статистические характеристики потока вызовов, поступающих на центральный узел связи, и организация связи в гарнизонах пожарной охраны.

В пятой главе «Общие принципы организации автоматизированных систем связи и информационные технологии» рассматриваются: основы построения автоматизированных систем управления; информатизация и автоматизация в современном обществе при решении задач пожарной безопасности.

В шестой главе «Организация связи при обеспечении пожарной безопасности городов и населенных пунктов» подробно рассмотрены: организация радиосвязи МЧС России; общие вопросы организации связи в городах РФ; функциональные виды связи; организация пунктов связи; автоматизированная система оперативного управления пожарно-спасательными формированиями.

В учебном пособии использованы авторские наработки, а также в учебных целях наработки из курса лекций по дисциплине «Автоматизированные системы управления и связь» под редакцией А.Б. Молочкова [1], из учебного пособия «Автоматизированные системы управления и связь» под общей редакцией В.И. Зыкова [2], нормативная информация [4-6]. В библиографическом списке приведены учебные и научные наработки сотрудников кафедры пожарной и промышленной безопасности Воронежского государственного инженерно-строительного университета [3, 7-47]. Изучение и использование указанных наработок в учебном процессе будет способствовать повышению уровня знаний студентов. Также в библиографическом списке указана рекомендуемая литература для самостоятельного изучения по курсу «Автоматизированные системы управления и связь».

Список сокращений

- АКБ** – аккумулятор (аккумуляторная батарея)
АМ – амплитудная модуляция
АПС – аппаратура пожарной сигнализации
АРМ – автоматизированное рабочее место
АС (АСУ) – автоматизированная система (автоматизированная система управления)
АСО – автомобиль связи и освещения
АСОУ ПФС – автоматизированная система оперативного управления пожарно-спасательными формированиями гарнизона МЧС
АТС (ГАТС) – автоматическая телефонная станция (городская автоматическая телефонная станция)
АФУ – антенно-фидерное устройство
АЦП– аналого-цифровой преобразователь
АЧХ– амплитудно-частотная характеристика
БД – база данных
БС – базовая станция
ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи
ВРК – временное разделение каналов
ГГС – громкоговорящая связь
ГИС – геоинформационная система
ГТС – городская телефонная сеть
ДВ– длинные волны
ДДС (ЕДДС) – дежурно-диспетчерская служба (единая дежурно-диспетчерская служба)
ДМВ – дециметровые волны
ДС – дифференциальная система
ИБП – источник бесперебойного питания
ИВС – информационно вычислительная подсистема АСОУ ПСФ
ИКМ – импульсно-кодовая модуляция
ИС (АИС) – информационная система (автоматизированная информационная система)
ИТ – информационная технология
КВ– короткие волны
КС – канал связи
КТС – комплекс технических средств связи и управления
КТЧ – канал тональной частоты
ЛВС – локальная вычислительная сеть
ЛС – линия связи
МБ – местная батарея
МГТС – междугородняя телефонная станция

МСС – мультисервисная сеть связи
МУС (ПУС) – мобильный узел связи (подвижной узел связи)
ПК – персональный компьютер
ПСП – пункт связи пожарно-спасательного подразделения
РМД – рабочее место диспетчера
РРЛ – радиорелейная линия связи
РСЧС – единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций
РТП – руководитель тушения пожара
СВ – средние волны
СМВ – сантиметровые волны
СОДС – подсистема оперативно-диспетчерской связи АСОУ ПСФ
СОДУ – подсистема оперативно-диспетчерского управления АСОУ ПСФ
СОПО – подсистема организационно-правового обеспечения АСОУ ПСФ
СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией
СП – система передачи информации
СПД – система передачи данных
СУБД – система управления базами данных
ТА – телефонный аппарат
ТКС – телекоммуникационная система
ТО – техническое обслуживание
ТСР – транкинговая система радиосвязи
ТСС – технические средства связи, управления, информатизации и автоматизации
ТФОП – телефонная сеть общего пользования
УКВ – ультракороткие волны
УПАТС – учрежденческо-производственная автоматическая телефонная станция
УС – узел связи
ФМ – фазовая модуляция
ФЧХ – фазо-частотная характеристика
ХИТ – химический источник тока
ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь
ЦБ – центральная батарея
ЦДП – центральный диспетчерский пункт связи
ЦУКС – центр управления в кризисных ситуациях
ЦУС – центр управления силами
ЧМ – частотная модуляция
ЧРК – частотное разделение каналов
ЧС – чрезвычайная ситуация
ЭВМ – электронно-вычислительная машина
ЭМИ – электромагнитные излучения
ЭМС РЭС – электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств
ЭЦП – электронная цифровая подпись

1. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ СВЯЗИ

1.1. Общие сведения об электрической связи

Процесс передачи информации на расстояние при помощи технических средств посредством электрических сигналов называют *электрической связью*. Лица, участвующих в этом процессе, принято называть абонентами [1].

Принято считать, что информация передается от человека (к человеку) в виде сообщений, а *сообщение* – это форма представления информации. Примеры сообщений: буквенный текст, цифровой текст, речь, звуковые сообщения и т. д. В любом сообщении существует информационный параметр, изменение которого изменяет смысл информации, содержащейся в сообщении.

В электрической связи для передачи информации человек в основном используют речевые, текстовые сообщения, а также сообщения в виде изображений.

В теории связи количественная оценка информации основывается на концепции выбора наиболее важного сообщения из всей совокупности возможных сообщений. Чем менее вероятен выбор данного сообщения, тем большее количество информации в нем содержится. Численно количество информации (I_A) определяется как логарифмическая вероятность появления сообщения (P_A) из всей совокупности возможных сообщений: $I_A = -\log_2 P_A$ или $I_A = n \cdot \log_2 m$, где n – количество элементов в сообщении; m – общее количество возможных символов.

В случае передачи информации с помощью технических средств связи в качестве носителя используется сигнал. *Сигнал* – это физический процесс, несущий информацию о состоянии (изменении) свойств какого-либо объекта наблюдения.

Сигналы, по физической природе носителя информации, бывают: электрические; электромагнитные; оптические; акустические и др.

По способу задания сигнала различают: регулярные (детерминированные), заданные аналитической функцией; нерегулярные (случайные), принимающие произвольные значения в любой момент времени. Для описания таких сигналов используется аппарат теории вероятностей.

В зависимости от функции, описывающей параметры сигнала, выделяют аналоговые, дискретные, квантованные и цифровые сигналы: непрерывные (аналоговые), описываемые непрерывной функцией; дискретные, описываемые функцией отсчетов, взятых в определённые моменты времени; квантованные по уровню; дискретные сигналы, квантованные по уровню (цифровые) (рис. 1.1).

В технике связи различают два вида сигналов – *управляющие* (модулирующие) и *радиосигналы* (рис. 1.2).

Виды управляющих сигналов (рис. 1.3):

а) *телефонный управляющий сигнал* (ТЛФ). Получается в результате преобразования звукового давления в электрический сигнал при помощи микрофона;

б) телеграфный управляющий сигнал (ТЛГ). Выражается последовательностью прямоугольных импульсов определённой длительности, разделённых паузами;

в) телевизионный управляющий сигнал (TV). Представляет собой импульсы тока или напряжения, величина которых зависит от освещённости передаваемого элемента изображения. Преобразование света в электрический сигнал осуществляется при помощи электронно-лучевых приборов;

г) импульсный управляющий сигнал. Представляет собой последовательность импульсов, характеризующихся длительностью I и паузами повторений под действием управляющего сигнала. Используют в телесигнализации и радиосвязи. Получают при помощи генераторов.

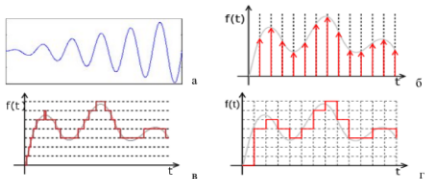


Рис. 1.1. Сигналы: а) аналоговый; б) дискретный; в) квантованный; г) цифровой

Радиосигналы формируются в модуляторе при воздействии управляющих сигналов звуковой частоты на радиочастотные (несущие) колебания.

Радиостанции ГПС работают в диапазоне УКВ (ультракоротких волн) на частотах: $P_1 = 33-46$ МГц; $P_2 = 140-174$ МГц.



Рис. 1.2. Два вида сигналов

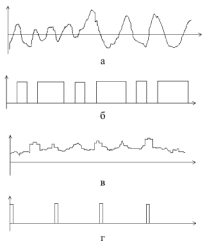


Рис. 1.3. Виды управляющих сигналов:
 а - телефонные; б - телеграфные; в - телевизионные; г - импульсные

Особенностью передачи телеграфных, факсимильных сообщений и информации в виде данных является то, что они (сообщения) фиксируются в месте приема на каком-либо физическом носителе (например, бумага в телеграфии и факсимильной связи, магнитный диск при передаче данных). В таком случае говорят о *документальной связи* [1].

В ряде случаев выдача сообщений получателю в пункте приема может осуществляться с помощью механических колебаний увеличенной амплитуды (*акустическая или громкоговорящая связь*). Громкоговорящая связь есть разновидность телефонной связи, но обладает рядом специфических особенностей.

Связь может быть *фиксированной* или *подвижной* (мобильной). Подвижной связью называют процесс передачи информации, при котором хотя бы один из абонентов может находиться при этом в движении. Фиксированную связь реализуют системы, оконечные элементы которых размещены стационарно, т.е. на определенном территориальном участке. Под фиксированной и подвижной связью подразумевают чаще всего проводную и радиосвязь соответственно, хотя это не всегда достоверно.

Кроме того, электрическая связь может быть *односторонней* или *двухсторонней*. При односторонней связи в пункте А производится только передача сообщений, а в пункте Б (или нескольких пунктах) только их приём (телевидение, радиовещание, пейджинговая связь и др.). При двухсторонней связи и передача, и приём осуществляются в любом из пунктов (телефонная связь и др.) и при этом (для передачи и для приема) используется один и тот же комплекс технических средств.

В свою очередь двухсторонняя связь может быть *симплексной* (рис. 1.4) и *дуплексной* (рис. 1.5). При дуплексной связи одновременно работают и передатчик, и приемник. При симплексной связи работа передатчика и приемника осуществляется поочередно, а переключение режимов работы производит абонент. Для этого симплексные средства связи дополнительно оборудуются специальными органами управления (кнопка, тангента и т.д.).



Рис. 1.4. Структурная схема симплексной связи

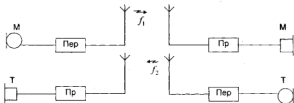


Рис. 1.5. Структурная схема дуплексной связи

По своей физической природе сигнал может быть механическим [1] (например, деформация, изменение давления), тепловым (изменение температуры), электрическим (изменение силы тока, напряжения), электромагнитным (радиоволны, световые излучения), звуковым (акустические колебания) и др. В электросвязи носителем информации, чаще всего, служит электрический сигнал, т.к. большинство функциональных узлов существующей аппаратуры связи предназначено для обработки электрического сигнала. Но следует заметить, что при передаче информации электрический сигнал может формироваться из других видов сигналов, а также может преобразовываться в иные виды сигналов на каком-либо этапе. Так, например, в системах пожарной сигнализации первичная информация может быть выражена тепловым сигналом, передача информации о возгорании осуществляется электрическим сигналом, а для обеспечения сигнализации в пункте приема информации формируются акустические сигналы и/или сигналы оптического диапазона.

Электрический сигнал, используемый в радиотехнике, может быть представлен двумя различными формами (рис. 1.6). *Дискретный сигнал* – форма

электрического сигнала, значение напряжения которого изменяется скачкообразно. Дискретный сигнал задается конечным значением уровня в определенный момент времени и определяется длительностью в фиксированные моменты времени. *Аналоговый сигнал* непрерывен и относительно плавно меняется во времени и имеет различные значения уровня на заданном отрезке времени.

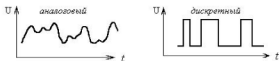


Рис. 1.6. Формы электрических сигналов

Исторически сложилось, что использование аналоговых сигналов до недавнего времени значительно преобладало при реализации процессов преобразования и обработки информации. Большинство радиотехнических устройств электрической связи (телефония, радиосвязь, телевидение и т.д.) работало именно с этой формой сигнала. С развитием микроэлектроники, основанной на полупроводниковой технологии, дискретный сигнал стал использоваться сначала для реализации новых технологий связи, а затем и в классических аналоговых системах связи (телефония, радиосвязь и др.). Системы, использующие при передаче информации обработку сигнала в дискретной форме, именуют цифровыми, т.к. сигнал в этом случае принимает дискретные значения, которые можно выразить каким-либо числовым рядом, например: «0» – минимальное значение, а «1» – максимальное значение.

Сигнал, рассматриваемый как явление во времени, имеет начало и конец. Следовательно, одной из единиц измерения сигнала является его *длительность* (T_c), которая непосредственно связана с количеством передаваемой информации.

Любой сигнал передается в определенной полосе частот, где сосредоточена его основная энергия. Эту полосу частот именуют *спектром сигнала* (F_c).

Важной характеристикой сигнала является его средняя мощность, характеризующая силу сигнала. В качестве мощностной характеристики сигнала часто используют понятие *динамического диапазона* (D_c) – логарифмического отношения максимальной мощности сигнала (P_{max}) к минимальной (P_{min}) [1]:

$$D_c = 10 \lg (P_{max} / P_{min}).$$

Совокупность названных параметров сигнала позволяет ввести понятие *объема сигнала* (V_c):

$$V_c = T_c \cdot F_c \cdot D_c.$$

Данные характеристики наряду с некоторыми другими (у каждого вида связи наряду с общими имеются свои существенные характеристики сигналов) учитываются при проектировании и построении систем передачи информации.

Классификация видов электрической связи может производиться по нескольким признакам (рис. 1.7).

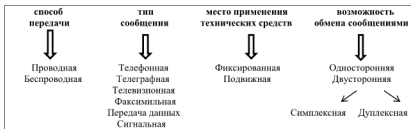


Рис. 1.7. Классификация видов электрической связи

В зависимости от способа передачи информации между пунктами передачи и приема различают *проводную* и *беспроводную* связь. В проводной связи передающее и приемное устройства физически соединены проводниками (кабелями), по которым и передаются сигналы. В беспроводной связи непосредственного соединения передающей и приемной аппаратуры нет. Переносчиком сигнала между пунктами передачи и приема в этом случае являются электромагнитные волны. До недавнего времени в системах электрической беспроводной связи использовались лишь радиоволны, поэтому этот вид связи часто именуют радиосвязью.

Некоторые современные технологии в качестве носителя информации используют световой луч. Такой вид связи, в котором осуществляется передача светового луча, несущего информацию, получил название *оптической связи*, осуществляемой посредством электромагнитных волн оптического диапазона (10^{13} - 10^{16} Гц), передаваемых с помощью как проводных, так и беспроводных систем оптической связи.

Следует отметить, что отличительной особенностью видов связи данной категории является то, что системы проводной и беспроводной электрической связи очень часто и относительно просто сочетаются (комбинируются) между собой. Так, в современных условиях для создания целостной среды передачи информации системы радиосвязи интегрируются с системами проводной связи, например, сеть сотовой связи (радиосвязь) сопряжена с телефонной сетью, которая является проводной системой.

1.2. Системы передачи информации

Современная методология исследований требует рассматривать любой объект как *систему*, т.е. совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство [1].

Для реализации процесса передачи информации в настоящее время человечество в основном использует различные радиотехнические устройства, образующие некую систему передачи информации. *Система передачи информа-*

ции (СП) - это совокупность технических средств, объединенных в единую технологическую цепочку и использующих общий физический принцип обработки и передачи сигналов, а также определенный порядок взаимодействия отдельных элементов между собой (спутниковая, сотовая, телефонная системы и т.д.).

Очень часто в производственно-хозяйственной деятельности используется термин «система связи». Под *системой связи* будем понимать совокупность средств, способов и принципов организации связи.

В общем, любая СП включает в себя следующие основные элементы: передающую аппаратуру (передатчик), приемную аппаратуру (приемник) и *линию связи* (ЛС). В качестве приемной и передающей части СП выступают разнообразные технические устройства связи, которые формируют сигналы, а также осуществляют их обработку и передачу. ЛС является физическим соединителем передатчика и приемника. Под *линией связи* следует понимать среду передачи сигнала, а также совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сигнала по этой среде.

Для передачи информации абоненты используют технические средства, формирующие и передающие электрические сигналы. Эти радиотехнические устройства каким-то образом должны быть способны взаимодействовать друг с другом. Цепочка оборудования (передатчик и приемник) и среда распространения сигнала, которые будут использоваться для передачи информации, в совокупности образуют *канал связи* (КС).

В зависимости от того, в какой форме будет передаваться электрический сигнал, КС делятся на *аналоговые* и *цифровые* (рис. 1.8).

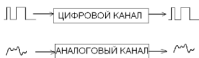


Рис. 1.8. Разновидности КС по форме передаваемого сигнала

Аналоговые КС являются наиболее распространенными по причине длительной истории их развития и простоты реализации. Цифровые КС перспективны и в настоящее время находят все большее практическое применение для передачи всех видов сообщений, они постепенно заменяют аналоговые КС.

Любой канал по аналогии с сигналом характеризуется *временем передачи сигнала по каналу* (T_k), *полосой пропускания* (F_k) и *динамическим диапазоном* (D_k) [1]. Полосой пропускания КС называют диапазон частот сигналов, возможный для передачи по КС с допустимым уменьшением энергетики сигнала. Под *динамическим диапазоном* понимают логарифмическое отношение мощности сигнала (P_c) к мощности помех (P_n), присутствующих в канале:

$$D_k = 10 \lg (P_c / P_n).$$

Обобщенной же характеристикой КС служит его *емкость* (V_k), которая определяет условие неискаженной передачи сигналов:

$$V_k = T_k \cdot F_k \cdot D_k.$$

Количественной характеристикой КС является *пропускная способность* канала (C_k), которая численно равна максимальному количеству информации, возможному для передачи по каналу за единицу времени, т.е. максимальной скорости передачи информации:

$$C_k = F_k \cdot \log_2 (1 + P/P_w).$$

Единицей измерения пропускной способности КС (скорости передачи информации) служит «Бит/с». Логично заключить, что, чем шире полоса частот канала и больше отношение сигнал/шум, тем канал лучше.

Каналы связи, используемые для передачи информации, имеют полосу пропускания $F_k = 0,3-3,4$ кГц. Данный диапазон частот является эффективно передаваемой полосой частот речевого сообщения. Эта полоса пропускания принята за стандартную при построении ряда систем передачи информации, а каналы с этой полосой пропускания получили название *каналов тональной частоты* (КТЧ).

Как правило, каналы имеют двухпроводное или четырехпроводное окончание. Для краткости их называют соответственно, двухпроводными и четырехпроводными (рис. 1.9).

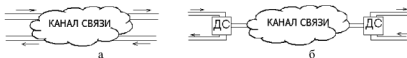


Рис. 1.9. Абонентское окончание каналов связи: а) четырехпроводное, б) двухпроводное

Четырехпроводные КС имеют два провода для передачи сигнала и еще два провода для приема сигнала. Преимуществом таких каналов является практически полное отсутствие или малое влияния друг на друга сигналов, передаваемых во встречных направлениях.

Двухпроводные КС позволяют использовать два провода как для передачи, так и для приема сигналов. Двухпроводные КС требуют решение задачи разделения принимаемого и передаваемого сигналов. Такая развязка реализуется при помощи *дифференциальных систем* (ДС) в составе оконечной аппаратуры, обеспечивающих необходимое затухание сигналов по встречным направлениям передачи. Двухпроводные КС позволяют экономить на стоимости линий связи, но требуют усложнения каналаобразующей аппаратуры и аппаратуры пользователя.

Для оценки качества КС используют *амплитудно-частотные* и *фазочастотные* характеристики (соответственно АЧХ и ФЧХ) КС, определяющие степень и характер изменения сигнала, проходящего по исследуемому каналу. Коррекция этих характеристик в основном осуществляется в приемном устрой-

стве. Нормы на амплитудно-частотные и фазочастотные искажения заданы в виде шаблонов (рис. 1.10). Если сравнить допустимые отклонения остаточного затухания ($a_{ост}$) и допустимые отклонения *группового времени передачи* (ГВП), то можно отметить, что для цифровых каналов нормы более жесткие, поэтому КТЧ, организованные с помощью цифровых систем, являются более качественными. Качество обеспечивается минимизацией отклонения формы принятого сигнала от первоначальной формы передаваемого сигнала. Этот фактор, наряду с некоторыми другими, является одним из определяющих перспективу развития цифровой связи.

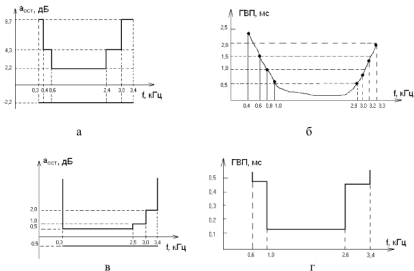


Рис. 1.10. Шаблоны норм на искажения (отклонения характеристик) каналов связи: а) амплитудно-частотная характеристика аналогового канала; б) фазочастотная характеристика аналогового канала; в) амплитудно-частотная характеристика цифрового канала; г) фазочастотная характеристика цифрового канала

В простейшем виде электрическая связь осуществляется следующим образом (рис. 1.11). Между абонентами организуется канал связи. Отправитель подает сообщение, которое на передающем пункте должно быть превращено в электрический сигнал. Преобразование сообщения в первичный электрический сигнал происходит в определенном устройстве, обобщенно называемом первичным преобразователем (преобразователем сообщения (неэлектрических сигналов) в электрические сигналы).

Примером первичного преобразователя служат микрофоны различного назначения, телевизионные передающие трубки в видео и телекамерах, датчики

в системах сигнализации и др. Процесс передачи информации (формирование сигналов, их обработка, передача, прием и т.д.) является многоступенчатым, состоящим из целого ряда преобразований, которые происходят в специальных радиотехнических приборах (устройствах). Эти устройства можно разбить на два класса преобразователей. Одни преобразователи изменяют физическую природу сигнала, при этом сохраняя тождественность (соответствие) параметров первоначального сигнала (сообщения) и полученного сигнала. К таким преобразователям относят, например, микрофоны, фотоэлектрические преобразователи, электронно-лучевые трубки и т.д.). Другой класс преобразователей изменяет характеристики сигнала, не меняя его физическую природу (усилители, фильтры).

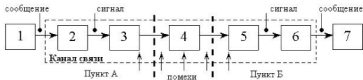


Рис. 1.11. Структурная схема односторонней связи между двумя абонентами:
1 – источник информации (отправитель); 2 – первичный преобразователь; 3 – передатчик;
4 – ЛС; 5 – приемник; 6 – обратный преобразователь; 7 – получатель информации

После первичного преобразования сигнал поступает в передатчик. Передатчик, в зависимости от вида связи, выполняет ряд функций преобразования электрического сигнала для приведения сигнала к виду необходимому для передачи по ЛС, например, усиление, кодирование и др.

По ЛС сигнал поступает в приемное устройство. Прохождение сигнала по ЛС сопровождается его ослаблением и искажением формы. Данные процессы зависят от характеристик среды передачи и протяженности ЛС. Приёмник служит для восстановления сигнала. Восстановление сигнала подразумевает устранения искажений первоначальной формы электрического сигнала. Полученное сообщение поступает второму абоненту, участвующему в процессе передачи информации, - получателю.

При передаче информации главным требованием является тождественность (совпадение) переданного и принятого сигнала. На практике выполнить это требование в полной мере не всегда удаётся не только из-за искажений сигнала, но и шумов, имеющих случайный характер. *Шум (помеха)* – это любой нежелательный сигнал или любое случайное воздействие на полезный сигнал, мешающее нормальному распознаванию полезного сигнала приемником и выражается в ухудшении качества связи. Наиболее распространенное место воздействия помех - линия связи. Наличие шумов в линии приводит к снижению пропускной способности КС (иногда до нуля).

Для передачи информации в обратную сторону в каждом из пунктов передачи и приема необходимо иметь и комплект передающего оборудования, и

комплект приемного оборудования. Большая часть технических устройств связи (особенно оконечных) имеют в своем составе и передающую и приемную часть и, при необходимости (использование одной линии связи), схемы разделения тракта передачи и тракта приема (дифференциальные системы).

Как показывает практика, человек по роду своей деятельности или в быту осуществляет обмен информацией со множеством абонентов. Разумеется, что прокладка множества ЛС отдельно к каждому абоненту - нереальная задача. Для того чтобы обмен сообщениями мог осуществляться между многими абонентами, находящимися в различных точках, каждому абоненту предоставляется только одна физическая линия, которая соединяет абонента с определенным коммутационным центром, и на этом центре может происходить соединение между собой линий любых абонентов. Такие центры получили название *узлов связи* (УС), представляющих собой организационно-техническое объединение технических средств связи и обеспечивающих распределение информационных потоков. В качестве узлов связи (пунктов распределения) выступают, например, телефонные станции в телефонных сетях или пункты приема-передачи (ретрансляторы) в радиосвязи. В пожарно-спасательных подразделениях УС являются диспетчерские пункты связи.

Во многих современных СП используется цифровой сигнал при обработке информации. При этом зачастую необходимо преобразовать непрерывное сообщение (часто используемую человеком форму информации) в цифровой сигнал, то есть в последовательность импульсов, сохранив содержащуюся в сообщении существенную часть информации. Это осуществляется следующим образом. Источник непрерывных сообщений, в качестве которого может выступать человек с микрофоном, формирует непрерывный сигнал $U(t)$, который изменяется и в любые моменты принимает любые из возможных значений. Для преобразования аналогового сигнала в дискретную форму служит *аналого-цифровой преобразователь* (АЦП) (рис. 1.12).

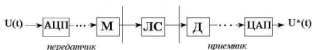


Рис. 1.12. Общая схема дискретного (цифрового) канала связи

Аналогово-цифровое преобразование состоит из трех этапов [1].

1. *Дискретизация.* Производится выборка значений аналогового сигнала с интервалом определенной длительности (Δt) (рис. 1.13, а, б).

2. *Квантование.* Весь диапазон изменения уровня сигнала ($U_{\max}$) делится на определенное количество уровней (уровни квантования). Уровень квантования – это заранее определенное значение напряжения сигнала. Значение аналогового сигнала в моменты времени, определяемые на этапе дискретизации, «округляется», т.е. заменяется ближайшим значением уровня квантования. При

равномерном квантовании интервал квантования (ΔU) одинаков между любыми уровнями. В результате квантования получается определенная последовательность импульсов, имеющих одинаковую длительность, но различных по амплитуде (рис. 1.13, в).

3. *Кодирование.* Значение уровня квантования (амплитуды импульсов) преобразуется в цифровой код - двоичное число, разрядность которого определяется числом уровней квантования (рис. 1.13, г). Правомерно сказать, что кодирование определяет математическую сторону процесса превращения сообщения в дискретный (цифровой) сигнал.

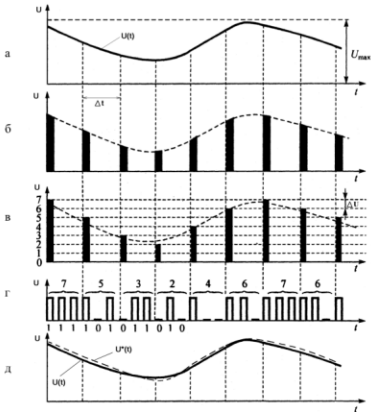


Рис. 1.13. Принцип работы АЦП и ЦАП:

а) аналоговый сигнал; б) дискретизация; в) квантование; г) кодирование;
 д) формы исходного ($U(t)$) на входе АЦП и полученного ($U^*(t)$) на выходе ЦАП сигналов

При передаче цифрового сигнала по классическим проводным линиям связи (аналоговым) на значительные расстояния, а также радиолиниям вероятность его искажения достаточно велика, а его восстановление в пункте приема затруднено. Поэтому для передачи сигнала по линии связи цифровой сигнал преобразуют в аналоговый сигнал на передающем пункте, а в пункте приема осуществляется обратное преобразование. Устройства, осуществляющие эти преобразования, называются модемами. В современных технологиях передача сигнала может осуществляться и в цифровой форме, но все равно при этом будет осуществляться необходимое преобразование в модемном функциональном устройстве (модуляторе). Под термином «модем» не обязательно подразумевается устройство, выполняющее модуляцию или демодуляцию (**МО**дуляция / **ДЕ**МОдуляция), а просто указывается на определенные операции преобразования сигналов для их передачи по линии связи.

В пункте приема с выхода демодулятора цифровой сигнал после соответствующей обработки поступает в *цифро-аналоговый преобразователь* (ЦАП), в котором на декодере кодовые комбинации (рис. 1.13, з) преобразуются в квантованную последовательность (рис. 1.13, в), а далее фильтр по квантованным значениям восстанавливает непрерывный сигнал $U^*(t)$, в идеале аналогичный $U(t)$ (рис. 1.13, д). Как видно из рисунка, восстановленный сигнал не полностью повторяет исходный сигнал. Эти несоответствия в определенных точках и есть искажения сигнала. Чем меньше выбран интервал дискретизации (Δt) и установлено больше уровней квантования (меньше ΔU), тем большее соответствие будет между аналоговым и цифровым сигналом при преобразованиях и тождественность полученного сигнала $U^*(t)$ переданному (исходному) сигналу $U(t)$.

В настоящее время во всем мире принят курс на цифровизацию сетей связи. Это объясняется существенными преимуществами *цифровых* методов передачи перед *аналоговыми*, среди которых выделяют следующие.

Высокая помехоустойчивость. Представление информации в цифровой форме, т.е. в виде последовательности символов с малым числом разрешенных уровней (обычно не более трех) и детерминированной частотой следования, позволяет осуществлять практически точную регенерацию (восстановление) этих символов на приеме, что резко снижает влияние помех и искажений на качество связи. При этом обеспечивается возможность использования цифровых СП на ЛС, где аналоговые системы применяться не могут. Цифровые методы передачи весьма эффективны при работе световодных линий, отличающихся относительно высоким уровнем дисперсионных искажений и нелинейностью оптических преобразователей.

Стабильность параметров цифровых СП. Стабильность и идентичность параметров каналов (АЧХ, ФЧХ и др.) определяются в основном устройствами обработки сигналов в аналоговой форме. Поскольку такие устройства составляют незначительную часть оборудования цифровых СП, стабильность параметров КС в таких системах значительно выше, чем в аналоговых. Кроме того, в пределах каждого регенерационного участка искажения передаваемых сигна-

лов оказываются ничтожными. Оборудование регенератора при передаче сигналов на большие расстояния остается практически такими же, как и в случае передачи на малые расстояния, а длина регенерационного участка значительно увеличивается.

Эффективность использования пропускной способности КС. При вводе дискретных сигналов (например, передачи данных) непосредственно в групповой тракт цифровой СП скорость их передачи может приближаться к скорости передачи группового сигнала. Если, например, при этом будут использоваться временные позиции, соответствующие только одному КТЧ, то скорость передачи дискретных сигналов будет близка к 64 кбит/с, в то время как в аналоговых системах она обычно не превышает 9,6 кбит/с.

Высокие технико-экономические показатели. Цифровые СП в сочетании с цифровыми коммутационными станциями являются основой цифровой сети связи, в которой передача, транзит и коммутация сигналов осуществляются в цифровой форме. При этом параметры каналов практически не зависят от структуры сети, что обеспечивает возможность построения гибкой разветвленной сети связи, обладающей высокими надежностными и качественными показателями. Передача и коммутация сигналов в цифровой форме позволяют реализовывать весь аппаратный комплекс цифровой сети на чисто электронной основе с широким применением цифровых интегральных схем. Это позволяет резко уменьшать трудоемкость изготовления оборудования, добиваться высокой степени унификации узлов оборудования, значительно снижать его стоимость, потребляемую энергию и габаритные размеры. Кроме того, существенно упрощается эксплуатация систем с одновременным повышением надежности эксплуатации оборудования.

В заключение следует заметить, что цифровизация сетей постепенно, но неуклонно происходит у всех операторов связи. Преимущественно происходит перевод первичных сетей на цифровые методы передачи информации в связи с большей эффективностью. Перевод вторичных сетей «на цифру» более затратен и поэтому продвигается более медленными темпами.

Стоимость сооружений связи достаточно велика и зависит от протяженности ЛС. Особенно это заметно при рассмотрении транспортных (первичных) сетей связи. Но потребности человечества в передаче информации постоянно растут, поэтому очень серьезной задачей является увеличение пропускной способности КС по возможности без изменения структуры существующих сетей связи. Для этой цели применяют технологии, обеспечивающие одновременную передачу по общей ЛС нескольких информационных потоков (сообщений) (рис. 1.14). Сигналы от разных источников смешиваются определенным образом на передающем пункте в общий сигнал и поступают в ЛС. На приемном пункте сигналы разделяются соответствующим образом так, чтобы каждый получатель принял адресованное именно ему сообщение. Для объединения информационных каналов в пункте передачи и их разделения в пункте приема

применяется дополнительная каналообразующая аппаратура. Такой способ передачи информации носит название многоканальной связи.



Рис. 1.14. Структурная схема односторонней многоканальной связи:

- 1 – источники информации (отправители); 2 – преобразователи сообщения в сигнал;
 3 – ПРД группового сигнала; 4 – ЛС; 5 – ПРМ группового сигнала;
 6 – преобразователи сигнала в сообщение; 7 – получатели информации,
 АУ – аппаратура уплотнения каналов, АР – аппаратура разделения каналов

Многоканальная связь – передача информации при помощи систем электросвязи, обеспечивающих одновременную и независимую передачу сообщений от нескольких отправителей к такому же числу получателей. На практике встречаются системы многоканальной связи, позволяющие передавать информацию объемом до нескольких тысяч стандартных каналов. При этом каждое сообщение передается по отдельному «информационному» КС. Техническая реализация технологий многоканальной связи наиболее часто применяется для передачи информации по транспортным сетям связи.

В основу построения многоканальных СП положен принцип уплотнения ЛС, подразумевающий группировку нескольких сигналов от различных абонентских устройств в один общий групповой сигнал. Для одновременной передачи по одной ЛС нескольких сигналов разных информационных каналов последние должны быть разделены так, чтобы было исключено их взаимное влияние друг на друга.

В табл. 1.1 приведены параметры стандартных каналов, используемых в аналоговых и цифровых СП.

Таблица 1.1

Параметры стандартных каналов систем передач

Аналоговые системы передачи		Цифровые системы передачи	
Емкость (кол-во КТЧ)	Полоса пропускания, кГц	Емкость (кол-во КТЧ)	Пропускная способность, кбит/с
1	0,3 – 3,4	1	64
3	12 - 24	7	480
12	60 - 108	30	2048
60	312 - 552	120	8448
300	812 - 2044	480	34368
		1920	139264

1.3. Кодирование и модуляция

Превращение сообщения в сигнал, кроме преобразования, может осуществляться с помощью кодирования и модуляции. Эти операции, наряду с операцией преобразования, могут быть независимыми, последовательными или совмещенными. Преобразование и модуляция – это процессы, характерные для аналоговых СП. В цифровых СП помимо этих процессов осуществляется кодирование сигнала как обязательный процесс преобразования при передаче информации по цифровому КС. Если преобразование является лишь операцией получения первичного сигнала, то модуляция и кодирование во многом определяют количественные и качественные показатели, характеризующие процессы передачи информации [1].

Кодирование – это процесс замены передаваемого сообщения (аналогового сигнала) соответствующими кодовыми комбинациями в виде импульсов электрического тока. В простейшем виде кодирование используется в телеграфной связи, для замены символов (букв и цифр) кодовой последовательностью стандартизованных импульсов.

Более значимое применение кодирование приобрело в цифровых СП. Коды, применяемые при преобразовании аналогового сигнала в цифровой в АЦП, представляют собой набор комбинаций, составленных из различных элементов. Под элементами кода понимаются различные элементарные сигналы, отличающиеся друг от друга. В телеграфии, например, передача сообщений осуществляется импульсами тока, которые в совокупности с паузами образуют двоичный, или бинарный, код. Этот код (код Бодо) состоит из двух элементов «1» и «0», т. е. это двоичный код. Основание системы счисления кода – абсолютное количество разных элементов для передачи одного значения. 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, причем «1» означает посылку тока, а «0» — отсутствие тока, паузу (рис. 1.15).

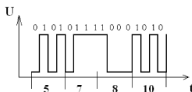


Рис. 1.15. Форма сигнала в двоичном коде

В реальных условиях СП должны выполнять большой объем вычислений и логических операций, связанных с изменением и регулированием параметров сигнала, а также с операциями кодирования и декодирования. Одновременное требование высоких скоростей и верности передачи приводит к необходимости

применения систем, в которых используются многопозиционные и корректирующие коды. Практически реализация таких систем базируется на использовании микропроцессоров и ЭВМ. В этом направлении и идет развитие современной техники цифровой связи.

В телефонной линии связи постоянно присутствует электрический сигнал - несущий, напряжением 60 В для России и 30 В за рубежом [2]. Процесс модуляции состоит в том, что изменения низкочастотного 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, частотную и фазовую* модуляции. Таким образом, *модуляция* - это воздействие на некоторый параметр (изменение параметра) переносчика сигнала в соответствии с законом изменения первоначального передаваемого сообщения. На рис. 1.16 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.

Амплитудно-модулированный сигнал (рис. 1.17) - это радиочастотные колебания, амплитуда которых изменяется во времени по закону управляющего сигнала звуковой частоты.

При амплитудной модуляции гармонического колебания воздействию подвергается амплитуда несущего сигнала, изменяемая во времени в соответствии с изменением передаваемого сигнала. Сложный амплитудно-модулированный сигнал образуется путем наложения управляемого сигнала на несущие колебания. Все три колебания показывают характер изменения амплитуды сигнала во времени.

Частотно-модулированный сигнал - радиочастотные колебания, частота которых изменяется во времени по закону управляющего сигнала. В зависимости от величины управляющего сигнала частота модулированных колебаний то возрастает, то уменьшается.

Фазово-модулированный сигнал - радиочастотное колебание, начальная фаза которого изменяется во времени по закону управляющего сигнала звуковой частоты. Амплитуда остается неизменной.

При *амплитудной модуляции* гармонического колебания (рис. 1.16, 1.17) воздействию подвергается амплитуда несущего (высокочастотного (ВЧ)) сигнала, изменяемая во времени в соответствии с изменением передаваемого низкочастотного сигнала [2]:

$$u = U_0 \cos (\omega_0 t - \varphi_0) , \quad (1.1)$$

где u , U_0 , ω_0 , φ_0 - мгновенное и амплитудное значения несущего сигнала, частота и начальная фаза соответственно.

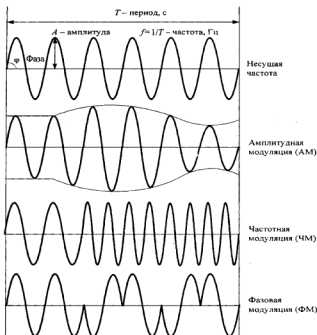


Рис. 1.16. Виды модуляции

Сигнал при амплитудной модуляции

$$u = [U_0 + \Delta U \cdot f(t)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (1.2)$$

или

$$U_{\text{зм}} = U_0 [1 + (\Delta U / U_0) f(t)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (1.3)$$

где ΔU - предельное изменение амплитуды низкочастотного сигнала;
 $f(t)$ - функция низкочастотного сигнала во времени (модулирующая функция).
 Отношение амплитудных величин низкого частотного и несущего высоко частотного сигналов $\Delta U / U_0 = M$ - коэффициент модуляции. Во избежание искажений принимают $M \leq 1$. Если $\Delta U \cdot f(t)$ представляет собой низкочастотное гармоническое колебание частотой Ω и фазой φ , то величина амплитудно-модулированного сигнала определяется как

$$U_{\text{зм}} = U_0 [1 + M \cos(\Omega t + \varphi)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0). \quad (1.4)$$

При *частотной модуляции* изменяется частота несущего сигнала в соответствии с изменением уровня передаваемого низкочастотного сигнала:

$$\omega = \omega_0 + \Delta \omega \cdot f(t), \quad (1.5)$$

где $\Delta \omega$ - предельное изменение - девиация частоты от модуляции (воздействия) низкочастотным сигналом.

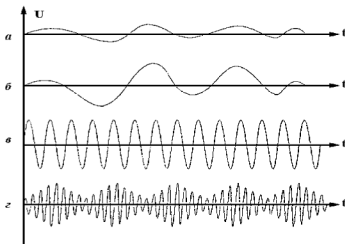


Рис. 1.17. Графики процесса амплитудной модуляции: а – звуковые колебания у микрофона; б – усиленные электрические колебания после микрофонного усилителя; в – радиочастотные колебания задающего генератора; г – промодулированные по амплитуде радиочастотные колебания

Следует помнить, что с изменением частоты сигнала всегда меняется его фаза и наоборот, т.е. частотная и фазовая модуляции взаимосвязаны (вследствие этого их иногда называют *угловой модуляцией*).

Сигнал – переносчик информации, имеет стабильную амплитуду, равную

$$u = U_0 \cos \theta(t), \quad (1.6)$$

где $\theta(t) = \omega_0 t + \varphi_0$ - мгновенная фаза.

Мгновенное значение частоты этого сигнала определяется как

$$\omega = d\theta / dt,$$

а фаза колебаний с переменной угловой скоростью -

$$\theta = \int_0^t \omega \cdot dt. \quad (1.7)$$

Вводя обозначение $\int_0^t f(t)dt = F(t)$, получаем значение частотно-модулированного сигнала

$$U_{\text{чм}} = U_0 \cos [\omega_0 t + \Delta\omega \cdot F(t)]. \quad (1.8)$$

Если модулирующая функция $f(t)$ - гармоническое колебание с параметрами Ω и ψ , то

$$\begin{aligned} U_{\text{чм}} &= U_0 \cos [\omega_0 t + \Delta\omega \cdot \int_0^t \cos(\Omega t + \psi) dt] = \\ &= U_0 \cos [\omega_0 t + (\Delta\omega/\Omega) \sin(\Omega t + \psi) + \varphi_0], \end{aligned} \quad (1.9)$$

где $\Delta\omega/\Omega$ - индекс модуляции, соответствующий наибольшему отклонению фазы в процессе модуляции.

Фазовая модуляция характеризуется изменением фазы сигнала в соответствии с передаваемым сообщением (см. рис. 1.16):

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta \varphi f(t), \quad (1.10)$$

где $\Delta \varphi$ - предельное изменение фазы от воздействия низкочастотных сигналов.

После подстановки формулы (1.10) в уравнение синусоидальных колебаний (1.1) при $\varphi_0 = 0$ получим значение фазомодулированного сигнала:

$$U_{\text{фм}} = U_0 \cos [\omega_0 \cdot t + \Delta \varphi f(t)]. \quad (1.11)$$

Из сравнения формул (1.8) и (1.11) видно, что если модулирующая (информационная) функция является синусоидальной, то сигналы при частотной и фазовой модуляциях трудноразличимы. При сложной модулирующей функции, изменяющейся во времени, аналитические выражения сигналов частотной и фазовой модуляций различаются легко.

В системах передачи дискретной информации переносчиками сигналов являются последовательности импульсов, длительность t_0 которых обычно значительно меньше периода их следования T_0 . *Сквозность* - это отношение длительности периода повторения импульсов к длительности импульса. Чем больше сквозность $\nu = T_0 / t_0$, тем меньше энергия импульсного сигнала по сравнению с энергией непрерывного сигнала (при одинаковых пиковых значениях). Использование временных интервалов между импульсами для размещения в них сигналов других каналов называется *передачей с временным разделением каналов*.

Для импульсного сигнала

$$u = U_0 \sum_i f_1(t - t_0 - i T_0), \quad i = 0, 1, 2, \dots,$$

где U_0 - амплитуда импульса; $f_1(t - t_0 - i T_0)$ - функция, описывающая форму одиночного импульса; t_0 - сдвиг времени относительно выбранного начала отсчета.

Последовательность однополярных прямоугольных импульсов характеризуется, как правило, четырьмя параметрами: U_0 , t_0 , T_0 , ν .

Радиотехническая схема, с помощью которой реализуется процесс модуляции, получила название *модулятора*. Рассмотрим работу модулятора на примере передачи речевого сообщения. На модулятор (М) поступает два колебания: высокочастотное и информационный низкочастотный сигнал (рис. 1.18) [1]. Колебания высокой частоты, поступающие на модулятор, создаются задающим генератором (Г). Сигнал, поступающий от генератора, представляет собой синусоидальное высокочастотное колебание электрического тока с постоянными параметрами: амплитудой, частотой, фазой. Это колебание называется несущим (рис. 1.19, б). На другой вход модулятора поступает низкочастотный сигнал, каким-либо образом изменяющийся во времени (управляющий сигнал) (рис. 1.19, а). В нашем случае это сигнал с микрофона (вместо микрофона может быть телеграфный аппарат, датчик системы сигнализации, ПК и т.д.).

Импульсная модуляция - процесс изменения параметров импульсной последовательности сигнала-переносчика. Различают амплитудно-, широтно-, фазово- и частотно-импульсную модуляции.

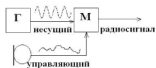


Рис. 1.18. Функциональная схема образования модулированного сигнала



Рис. 1.19. Сигналы: а) управляющий, б) несущий

В цифровых системах передачи в основном используется *импульсно-кодовая модуляция* (ИКМ). ИКМ не является каким-то особенным видом модуляции, в этом случае просто указывается на вид модулирующего сигнала. Применение радиопульсов в СП позволяет получить три разновидности ИКМ (рис. 1.20), подобных модуляции в аналоговых системах: *амплитудную* (ИКМ-АМ), *частотную* (ИКМ-ЧМ) и *фазовую* (ИКМ-ФМ).

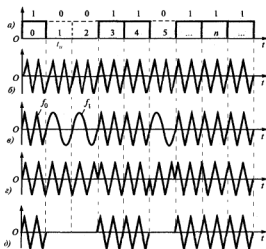


Рис. 1.20. Разновидности импульсно-кодовой модуляции:
а) управляющий сигнал (кодовая последовательность), б) несущее колебание,
в) ИКМ-ЧМ, г) ИКМ-ФМ, д) ИКМ-АМ

В отличие от аналоговых схем управляющим сигналом при модуляции в цифровых СП является кодовая последовательность импульсов с определенным тактовым интервалом (t_0). При ИКМ-ЧМ символам «1» и «0» соответствует передача несущего колебания с разными частотами f_0 и f_1 . При ИКМ-ФМ фаза несущей меняется на 180° на каждом фронте импульса, т.е. при переходе от «0» к «1» или обратно. При ИКМ-АМ символу «1» соответствует передача несущего колебания в промежутке времени равный длительности импульса. При передаче символа «0» передача несущего колебания отсутствует. В реальных системах передачи (и аналоговых, и цифровых) используют и более сложные (комбинированные) виды модуляций, фактически являющиеся вариациями вышеназванных видов. Это, естественно, усложняет схему исполнения модулирующих и демодулирующих узлов, но дает выигрыш в качественных показателях связи.

1.4. Количество информации и пропускная способность системы связи

Предположим, что осуществляется передача словесного текста, с помощью которого сообщаются некоторые сведения о какой-либо ситуации. Допустим, что для этой цели имеется всего два слова: «хорошо» и «плохо» [2]. 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, 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; при $R = 1/\ln 2$ - двоичные единицы; при $R = 1/\ln 10$ - десятичные).

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 m 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*. При подсчете 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:

$$I = \log_2 N = \log_2 m^n = \log_2 2, \text{ бит.}$$

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

$$I = \log_2 N = \log_2 m^n = n \log_2 m, \text{ бит.}$$

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 для каналов, подверженных случайным шумам. Главный вывод Шеннона: максимальная скорость передачи информации в каналах с шумами с шириной полосы частот C , 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.

1.5. Средства связи

1.5.1. Значение связи и АСУ в работе ГПС по ликвидации последствий аварий и стихийных бедствий

Система связи является основным средством, обеспечивающим управление подразделениями ГПС МЧС РФ, которое невозможно без своевременной и высококачественной передачи информации во всех ее звеньях. От оперативности и надежности систем связи напрямую зависят материальный ущерб от пожаров и количество человеческих жертв.

Система связи ГПС должна использовать все виды связи, степень ее развития во многом зависит от состояния связи в стране.

В настоящее время развитие средств связи отнесено к числу высших государственных приоритетов научно-технической и экономической политики России.

В связи с этим разработан проект «Федеральная комплексная программа создания технических средств связи, телевидения и телерадиовещания» - ФКП.

Главная цель ФКП - обеспечить реализацию основных государственных и региональных проектов и программ развития телекоммуникационных и информационных систем в России.

С учетом работ, производимых в рамках ФКП создания технических средств связи в России и федеральной программы «Пожарная безопасность и социальная защита», а также реальной потребности в улучшении дел в области связи разработан проект программы «Коммуникационные технологии в ГПС».

Программа составлена с учетом перспектив развития средств связи в России, а также возможности проведения единой технологической политики в области внедрения и развития новых информационных и коммуникационных технологий в ГПС.

Реализация программы позволит сократить материальные и социальные потери государства от пожаров.

Связь в ГПС обеспечивает следующее:

- быстрый и точный прием сообщений о пожарах, авариях и стихийных бедствиях;
- своевременную высылку сил и средств;
- оперативное управление подразделениями противопожарной службы;
- взаимодействие с другими аварийно-спасательными службами;
- информирование соответствующих должностных лиц ГПС, УВД, администрации.

1.5.2. Краткая историческая справка о развитии средств связи и их значение в деятельности пожарной охраны

Еще в 640 - 550 гг. до н. э. в древней Греции Фалес Милетский впервые открыл явление, связанное с тем, что натертые янтарем легкие тела притягиваются. От греческого варианта слова «янтарь» возникло название «электричество».

Историю развития техники электронных приборов можно разделить на три периода. Первый период относится к 19 веку и может быть охарактеризован как время установления основных физических закономерностей работы электронных приборов и открытия явлений, стимулирующих их развитие и применение. Второй период охватывает время с начала 20 века и до 1948 г., когда был изобретен транзистор. Этот период можно назвать периодом ламповой электроники. Третий период с 1948 г. и по настоящее время - является периодом полупроводниковой электроники.

В 1883 г. американский ученый Т. А. Эдисон открыл явление термоэлектронной эмиссии. Русский физик А. Г. Столетов в 1888 г. установил основные законы фотоэффекта. Эти два открытия и изобретение первого в мире радиоприемника русским ученым А. С. Поповым в 1895 году явились мощными импульсами в развитии и внедрении электронных приборов в практику. В 1904 г. английским ученым Д. Флеммингом была сконструирована первая электронная лампа - вакуумный диод. В 1906 - 1907 г. американский инженер Ли Де Форест сконструировал трехэлектронную лампу, пригодную для усиления электронных сигналов. В 1915 г. под руководством Бонч-Бруевича были созданы первые отечественные электронные лампы, а в 1919 г. началось их серийное производство.

В 1907 г. русский физик и изобретатель Б. Л. Розин предложил систему телевидения с использованием электронно-лучевой трубки и практически ее применил для передачи изображений на расстояние.

Потребности радиотехники в значительной мере стимулировали создание и совершенствование различных электронных приборов, прежде всего, приемно-усилительных электронных ламп. К середине 30-х годов ламповая электроника в основном сформировалась, а открытие в 1948 г. американским исследователем точечного транзистора положило начало полупроводниковой электронике.

Таким образом, в развитии технической электроники можно выделить три основных этапа: ламповая электроника; полупроводниковая электроника; микроэлектроника.

1.6. Классификация средств связи

Современная аппаратура электрической связи – сложный комплекс технических устройств, с помощью которых осуществляется электрическая связь. Эти радиотехнические устройства называют средствами электрической связи. Другими словами, *средства связи* – это техническая база для обеспечения процесса работы с информацией [1].

Средства связи являются основными элементами объектов и сооружений связи. Общая классификация средств электрической связи (по назначению) представлена на рис. 1.21.

Основной категорией, образующей понятие «средства связи», является техника связи, формирующая и обрабатывающая сигналы. Техническими средствами связи являются оконечные устройства, подключенные к той или иной сети связи, а также средства коммутации на УС (например, оборудование телефонных и телеграфных станций) и приема-передачи сигналов на оконечных пунктах (телефонные, телеграфные, факсимильные аппараты, ПК, радиостанции, переговорные устройства и т.д.).



Рис. 1.21. Классификация средств связи

Неотъемлемой частью большинства технических систем и средств связи являются *проводные линейные средства связи*, имеющие большое разнообразие. Общее основное назначение проводных линейных средств, используемых в системах электрической связи, – передача информационных сигналов.

Немаловажную роль играют сигнальные средства в деятельности подразделений противопожарной службы. Наибольшую реализацию сигнальные системы получили в системах пожарной сигнализации, приемные устройства которых снабжены системами и звуковой, и световой сигнализации. Ряд средств, которые конструктивно выполнены отдельным устройством, предназначены именно для организации сигнальной связи. Таким примером могут служить проблесковые маяки на специальных транспортных средствах. Ряд радиотехнических изделий имеет функциональные схемы сигнальной акустической связи, их называют «сирены». Такие устройства, установленные на специальных

транспортных средствах некоторых служб города, называются сигнально-громкоговорящими установками (системами).

Элементной базой радиотехнических средств являются: радиодетали, электровакуумные, газоразрядные и полупроводниковые приборы, микросхемы. Разборке эти элементы не подлежат и характеризуются определенными электрическими параметрами.

Работа электровакуумных приборов (электровакуумные лампы) основана на явлении электронной эмиссии – процессе испускания электронов твердым телом или жидкостью под действием электрического поля, нагрева, электромагнитного излучения, потока электронов. Работа газоразрядных приборов основана на свечении ионизированного газа под действием высокого электрического разряда. Электровакуумные и газоразрядные в настоящее время используются все реже, в основном в системах отображения информации. В современных технологических процессах, производящих сборку средств связи, основной упор делается на полупроводниковые элементы.

Микросхема – это изделие, выполняющее определенные функции преобразования и обработки сигналов, имеющее высокую плотность упаковки электрически соединенных элементов. С точки зрения эксплуатации микросхема рассматривается как единое целое. Степень интеграции в микросхеме может достигать сотен тысяч элементов.

В аппаратуре пожарной связи и сигнализации в основном получили применение аналоговые микросхемы, которые используются в различных генераторах, усилителях, преобразователях, детекторах и т.д. Это, прежде всего, установки пожарной связи и сигнализации (РУГВД-1, «Нева-ЮМ», УОТС - устройство охранной телесигнализации, ДИП-1- дымовой извещатель полупроводниковый), а также аппаратура радиосвязи и усиления речи (радиостанция «Виола», «Днепр», «Гранит»; электромегафоны).

Радииодетали (резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности) используются как навесные элементы при сборке отдельных функциональных узлов (плат) аппаратуры.

Блоки сконструированы, как правило, по функциональному принципу (блок питания, блок передачи, блок управления и т.д.). Каждый блок может выполнять одну или несколько функций. Отдельные функции блока (усиление, модуляция, генерация частоты и т.д.) осуществляются в так называемых модулях (узлах) функциональных схем. Конструктивно несколько узлов могут быть собраны на электромонтажных платах. Ярким примером являются платы для ПК (видеокарта, материнская плата и т.д.). Они являются функционально законченными отдельными узлами. Такое конструктивное исполнение, дающее возможность заменять при неисправности не изделие целиком, а только его непригодную часть, носит название *модульности*, причем модульность может быть реализована и на блочном уровне. Модульность используется во многих системах передачи. Это позволяет наращивать емкость (как в проводных системах) или изменять функциональность (возможности) средств связи.

1.6.1. Общие сведения о полупроводниковых приборах

Полупроводниковые приборы по своей удельной проводимости занимают промежуточное место между проводниками и диэлектриками. В полупроводниковой электронике наибольшее применение получили элементы 4 группы таблицы Д. И. Менделеева – кремний Si, германий Ge. К полупроводникам относятся многие окислы металлов, например, оксид цинка, закись меди.

Проводимость, осуществляемая за счет движения электронов, называется *электронной проводимостью*. Такие полупроводники называют *полупроводниками n типа* - отрицательными, а *полупроводниками p типа* – положительными.

Проводимость, осуществляемая за счет движения дырок, - *дырочная проводимость*. Основным элементом полупроводниковых приборов является электронно-дырочный переход, или p-n переход.

Электронно-дырочным переходом (рис. 1.22) называется область раздела двух частей полупроводника с различным типом проводимости. Электронно-дырочные переходы получают методами диффузии или сплавления соответствующих примесей пластины монокристаллического полупроводника n и p типа. В пластине полупроводника образуется две области. В области p концентрация дырок намного больше, чем в n области, где они являются не основными. Для n области, наоборот, концентрация электронов намного больше, чем в p области, где они будут являться не основными.

Вследствие разности концентрации носителей зарядов происходит перенос основных носителей через переход: дырки из p области переходят в n область, а электроны их p области диффундируют в p область. На некотором удалении от перехода происходит рекомбинация дырок и электронов. Вблизи перехода в полупроводнике n типа наблюдается избыток положительных зарядов, образованных неподвижными положительными ионами доноров, а в полупроводнике p типа - избыток отрицательных зарядов, образованных неподвижными отрицательными ионами акцепторов.

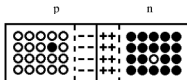


Рис. 1.22. Электронно-дырочный переход

В результате вблизи перехода возникает пространственный заряд ионов, создающий электрическое поле на переходе и вызывающий появление потенциального барьера, который препятствует дальнейшему протеканию основных носителей после достижения состояния равновесия. При таком состоянии n область заряжена положительно относительно p области. Образованный в пере-

ходе запирающий слой делает невозможным протекание основных носителей зарядов и в то же время не препятствует протеканию через переход в противоположном направлении не основных носителей, т.е. дырок из p в p области и электронов из p в n области.

p-n-переход является основой для полупроводниковых диодов, триодов и других электронных элементов с нелинейной вольт-амперной характеристикой. На рис. 1.23 изображена энергетическая диаграмма p-n-перехода.

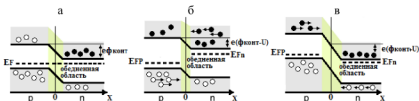


Рис. 1.23. Энергетическая диаграмма p-n-перехода: а) состояние равновесия; б) при приложенном прямом напряжении; в) при приложенном обратном напряжении

Полупроводниковые диоды (рис. 1.24, 1.25). Это – электронный прибор, состоящий из одного электронно-дырочного перехода, обладающий различной проводимостью в зависимости от направления электрического тока. Электрод диода, подключаемый к положительному полюсу источника тока, когда диод открыт (то есть имеет маленькое сопротивление), называют *анодом*, подключаемый к отрицательному полюсу – *катодом*.

Диоды делятся на выпрямительные, детекторные, модуляторные, импульсные и др. Например, в выпрямительных диодах применяют плоскостные p-n-переходы, изготавливаемые сплавным или диффузным методами. Плоскостные диоды, используемые в аппаратуре связи и сигнализации пожарной охраны, способны выпрямлять токи от десятых долей до десятков А.

Принцип работы диода основан на свойстве односторонней проводимости. Электронно-дырочный переход способен пропускать ток в одном направлении, что дает возможность использовать его для преобразования переменного тока в постоянный в выпрямительных устройствах.

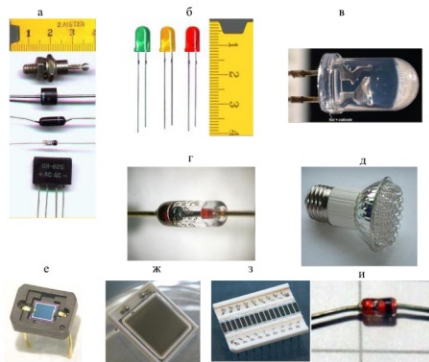


Рис. 1.24. Диоды: а) четыре диода и диодный мост; б) цветные светодиоды; в) полупроводниковый диод в стеклянном корпусе; г) светодиод ультрафиолетового спектра излучения; д) светодиодная лампа; е) фотодиод; ж) ФД-10-100 активная площадь-10х10 мм²; з) ФД1604 (активная площадь ячейки 1,2х4мм² –16шт); и) стабилитрон 0,5 Вт

Диоды бывают электровакуумными (кенотроны), газонаполненными (газотроны, игнитроны, стабилитроны), полупроводниковыми и др. В настоящее время в подавляющем большинстве случаев применяются полупроводниковые диоды.

Фотодиод (ФД) – приёмник оптического излучения, который преобразует попавший на его фоточувствительную область свет в электрический заряд за счёт процессов в р-п-переходе. Фотодиод может работать в двух режимах: фототокманическом – без внешнего напряжения и фотодиодном – с внешним обратным напряжением.

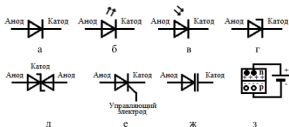


Рис. 1.25. Обозначения диодов на схемах (по ГОСТ 2.730-73):

- а) выпрямительный полупроводниковый диод, б) светодиод; в) фотодиод;
г) обычный стабилитрон; д) двуханодный стабилитрон; е) тиристор; ж) варикап;
з) обратное напряжение на диоде

Стабилитрон - это полупроводниковый диод, напряжение на котором слабо зависит от величины протекающего через него тока. Стабилитроны применяются для стабилизации питающих напряжений в цепях постоянного тока. Полупроводниковый стабилитрон изготавливается на основе кремния. Рабочее напряжение зависит от электрофизических свойств материала и технологии его обработки. Стабилитроны получили широкое распространение в качестве источников опорного напряжения в усилителях, радиостанциях, цифровых электронных устройствах и др. электронной аппаратуре.

Тиристор - это управляемый диод, применяемый для использования в качестве бесконтактного быстродействующего коммутирующего элемента, выполненный на основе монокристалла полупроводника с тремя или более р-п-переходами и имеющий два устойчивых состояния: закрытое состояние, то есть состояние низкой проводимости, и открытое состояние, то есть состояние высокой проводимости. Наиболее часто тиристоры применяются в устройствах электропитания (выпрямителях, преобразователях напряжения), в системах электронного зажигания автомобилей, электрических регуляторах и т. д.

Транзистор (рис. 1.26) - это полупроводниковый диод с двумя взаимодействующими р-п-переходами, предназначенный для усиления генерации или преобразования электрических колебаний. Транзистор представляет собой полупроводниковый монокристалл, в котором две крайние области с однотипной проводимостью разделены областью противоположной проводимости п-р-п или п-р-п-типа. Крайняя левая область полученной структуры называется эмиттером, средняя - базой, а крайняя правая - коллектором. Эмиттер транзистора служит для инжекции зарядов в базу. База управляет потоком зарядов, инжектируемых эмиттером. Коллектор собирает в свою цепь заряды, инжектируемые эмиттером в базу.

Транзисторы характеризуются следующими основными параметрами: коэффициентом передачи тока; максимальной частотой генерации; предельно допустимым напряжением; выходной мощностью.

лях, фотодетекторах, а также в высоковольтной электронике. Как правило, pin-диод предназначен для работы в сантиметровом диапазоне волн.



Рис. 1.27. Функциональная структура pin-диода

1.7. Источники питания аппаратуры связи

Средства электропитания необходимы для нормального функционирования аппаратуры. Источники электропитания подразделяются на первичные и вторичные.

Первичные источники питания (ИП) осуществляют преобразование неэлектрических видов энергий в электрическую. К таким источникам относятся генераторы переменного и постоянного тока, химические элементы, термогенераторы, солнечные батареи и т.д.

Первичным химическим источником тока является *гальванический элемент* (рис. 1.28, а, б). В настоящее время наибольшее распространение получили первичные химические источники питания марганцево-цинковой системы.

Срок службы гальванических элементов определяется временем расхода его энергии. Напряжение, создаваемое элементом, в среднем составляет 1,5 В. Для получения более высокого напряжения используют батареи, в которых элементы соединяются между собой последовательно.

Конструкция элемента марганцево-цинковой системы может быть не только цилиндрической, но и плоской. Элементы плоской конструкции называются *галетными*. Они наиболее удобны для сборки батарей, так как не требуют соединительных проводников между элементами.

Наряду с элементами марганцево-цинковой системы на практике получили широкое применение ртутно-цинковые элементы и батареи. По сравнению с марганцево-цинковыми элементами ртутно-цинковые обладают более высокой стабильностью, значительно большей удельной энергоёмкостью, значительным саморазрядом и хорошей герметичностью.

Первичные источники питания нашли применение в аппаратуре пожарной связи. Так, для питания сигнально-переговорного устройства СПУ-ЗК используются батареи типа 3-336 с напряжением 4,5 В; в качестве резервного источника питания ультразвуковой установки охранно-пожарной сигнализации «Фикс - М» используется батарея из элементов 373 и др.



Рис. 1.28. Источники питания: а) схема гальванического элемента: 1 – клейстер; 2 и 4 – стержни; 3 – корпус; б) устройство гальванического элемента; в) схема частей аккумулятора: 1 – сепаратор; 2 – положительная пластина; 3 – корпус; 4 – уровень электролита (макс/мин); 5 – свободное пространство; 6 – уплотнение крышки, непроницаемое для электролита; 7 – заглушка в отверстии для заливки; 8 – уплотнение полюсного штыря; 9 – перемычка; 10 – полюсный штырь; 11 – уплотнение полюсного штыря; 12 – гребенка; 13 – выступ аккумуляторной пластины; 14 – отрицательная пластина; 15 – пространство для отложения шлама

К вторичным ИП относятся устройства, использующие энергию первичных источников для обеспечения аппаратуры связи электроэнергией с заданными параметрами (напряжение, ток, мощность).

Аккумуляторы (рис. 1.28, в) являются вторичными химическими источниками тока, в которых электрическая энергия предварительно запасается, превращаясь в химическую энергию, а затем, по мере необходимости, в результате химической реакции снова переходит в электрическую энергию. Срок службы аккумуляторов определяется числом зарядно-разрядных циклов.

По составу электролита и активной массы электродов аккумуляторы делятся на кислотные и щелочные. В пожарной охране на средствах связи в основном применяют щелочные аккумуляторы. Преимущество щелочных аккумуляторов: больший срок службы; проще в эксплуатации; более прочные; электролиты менее токсичны; допускают применение в них питьевой воды.

Выпускаются КН (кадмиево-никелевые), НК (никелево-кадмиевые), СЦ (серебряно-цинковые) аккумуляторы. Срок службы 700-750 зарядно-разрядных циклов. Для питания радиостанций используют аккумуляторы в герметичном исполнении.

Источники питания многообразны и необходимы для функционирования аппаратуры связи. Основной параметр источников питания - напряжение (разность потенциалов между выводами электродов источника при подключенной нагрузке), измеряемое в вольтах. Применение тех или иных источников питания определяется назначением и условиями эксплуатации аппаратуры. В стационарных условиях аппаратура питается, как правило, от промышленной сети переменного тока частоты 50 Гц с напряжением 220 В. Но большинство схем

связи и сигнализации работают на постоянном токе меньшей величины, поэтому необходимо применение дополнительных устройств, преобразующих энергию промышленной сети.

Мобильная и носимая аппаратура связи использует автономные источники питания (аккумуляторные батареи, гальванические элементы, солнечные батареи). Современные технологии в производстве автономных источников питания позволяют с высокой степенью надежности обеспечивать работу как электрической сети (здания, помещения и т.д.) в целом, так и автономное бесперебойное питание телекоммуникационного оборудования и систем сигнализации в отдельности. Такие системы электроснабжения получили названия *источников бесперебойного питания* (ИБП).

ИБП представляют собой совокупность аккумуляторных батарей (АКБ) различных устройств, обеспечивающих необходимые параметры электропитания, управляющих схем распределения питания и защиты, устройства контроля, автоматики, управления и сигнализации. Конструктивно источники энергии и дополнительные схемы преобразования энергии заключены в единый корпус (рис. 1.29). Сущность работы ИБП заключается в накоплении электрической энергии АКБ и ее отдаче при пропадании основного питания. ИБП производится в зависимости от назначения с возможностью генерации и переменного, и постоянного тока. Для формирования напряжений необходимого номинала используются трансформаторные устройства. Выпрямители преобразуют переменное напряжение в постоянное, а также обеспечивают зарядку АКБ. Для формирования необходимых питающих напряжений в качестве выходных устройств могут использоваться инверторы (преобразующие постоянное напряжение в переменное), преобразователи (при необходимости постоянного напряжения различных номиналов), стабилизаторы (обеспечивают необходимый диапазон изменения питающего напряжения, допустимого для нормального функционирования соответствующего оборудования).

Схема подключения ИБП к оборудованию связи (или сигнализации) зависит от требований, предъявляемых к аппаратуре. Это может быть вариант с переключением или параллельная работа, но каждый из вариантов имеет и преимущества, и недостатки. Вариант с переключением электропитания с основного источника на резервный (буферный режим) подразумевает перерыв в снабжении электропитанием до 20 мс, поэтому не применим для резервирования питания оборудования, критичного к перерывам электроснабжения (например, компьютерная техника). В свою очередь, при параллельной работе ИБП постоянно находится в рабочем режиме, что ведет к уменьшению срока службы ИБП. Неоспоримым преимуществом современных ИБП является минимальное техническое обслуживание и полная автоматизация диагностико-контролирующих функций и зарядных работ.

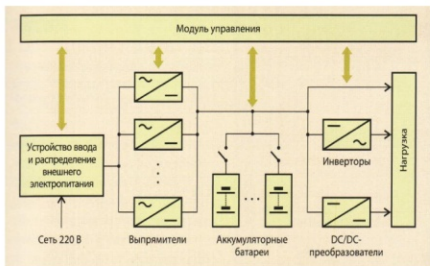


Рис. 1.29. Конструктивно-функциональное исполнение ИБП

Система управления позволяет проводить диагностику неисправностей до сбоя работы ИБП, что повышает надежность работы оборудования в целом.

ИБП применяются как для резервирования питания отдельного оборудования (радиостанций, ПК и т.д.), так и для резервирования питания всего оборудования телекоммуникаций на узлах связи. Но резервирование с помощью ИБП является вариантом поддержания рабочего состояния аппаратуры на относительно непродолжительное время (не более часа). Предположить характер неисправности электросети и необходимое время для восстановления ее работоспособности - непростая задача. Выбор оборудования резервного питания, в качестве которого мы рассматриваем ИБП, с наибольшим сроком работы не всегда эффективен, т.к. в этом случае затраты бывают достаточно велики. Исходя из необходимости обеспечения эффективности резервирования электропитания узлов связи наилучшим вариантом может оказаться использование наряду с ИБП генераторных установок переменного тока с параметрами промышленной сети.

2. ОСНОВЫ ПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

Связь, при которой сообщения передаются по проводам с использованием электрических сигналов, называется *проводной*.

Способы организации и технической реализации проводной связи приведены на рис. 2.1.

Проводная связь, в настоящее время являющаяся ведущим видом электросвязи по объемам трафика, находит применение практически во всех областях жизнедеятельности человека. Проводная связь получила свое «историческое» название в связи с тем, что в качестве среды распространения сигналов между пунктами передачи и приема в начале эры электрической связи использовались проводные, в основном воздушные, ЛС.



Рис. 2.1. Способы организации и технической реализации проводной связи

Для осуществления проводной связи используют оконечную аппаратуру, формирующую передаваемый сигнал из сообщения на передаче и выделяющую сообщение из электрического сигнала на приеме, наземные или подземные кабели связи, воздушные ЛС. Кроме того, могут использоваться промежуточные усилители сигналов, которые включают в разрывы кабелей для обеспечения большей дальности связи.

Классическими видами проводной связи являются телефонная и телеграфная связь. Так как телефонная связь является наиболее распространенным видом проводной электрической связи и имеет довольно развитую инфраструктуру ЛС, то разработка и реализация многих современных СП предусматривает использование в качестве линий имеющиеся телефонные ЛС (факсимильная связь, системы передачи данных).

Проводная связь при обеспечении пожарной безопасности в городах и населенных пунктах по объему выполняемых задач занимает ведущее место. Системы проводной связи устанавливаются на диспетчерских пунктах для приема сообщений о ЧС от населения или с объектов, для взаимодействия со служ-

бами жизнеобеспечения (милицией, скорой помощью, городскими аварийными службами) при ликвидации ЧС и их последствий, для организации связи между подразделениями. Большинство систем сигнализации объектов, в том числе и пожарной, в настоящее время также являются проводными. Для обмена служебной неоперативной информацией в повседневной деятельности наибольший объем выполняемых задач решается с использованием систем проводной связи. Для оперативной работы чаще применяется телефонная связь, а в повседневной деятельности используются и другие разновидности проводной связи (телеграфная, факсимильная, передача данных).

Проводная связь в современной литературе часто именуется фиксированной связью. Понятия проводной и фиксированной связи достаточно близки и часто взаимозаменяемы. Но, тем не менее, в некоторых случаях следует их разделять. Сущность фиксированной связи составляет привязка технических средств связи к определенному территориальному расположению, что, впрочем, характерно для проводной связи, т.к. оконечная и коммутационная аппаратура, использующая проводные ЛС, имеет стационарное оборудование. Но есть ряд средств, которые могут обеспечивать абонентам и связь в движении, используя при этом проводные ЛС, например специальные переговорные устройства СПУ - 3А. Поэтому понятия проводной и фиксированной связи отождествлять не всегда правильно: понятие фиксированной связи используется в более широком смысле.

К системам фиксированной связи, кроме упомянутых выше систем проводной связи, можно отнести системы телевидения, системы оповещения и звукового вещания, системы волоконно-оптической связи и даже некоторые системы радиосвязи.

2.1. Телефонная связь

2.1.1. Общие сведения о звуке

Источником звука является любое колеблющееся тело. Эти колебания вызывают чередующиеся сгущения и разрежения среды, приводящие к возникновению звуковых волн. *Звуковые волны* - это механические колебания, распространяющиеся в твердых, жидких и газообразных средах. Пространство, в котором распространяются звуковые волны, называется *звуковым полем*.

Человеческий голос характеризуется громкостью, высотой и тембром. *Порог слышимости* - это минимальная величина интенсивности, различаемая слухом. Эта величина зависит от частоты. Область восприятия звука органами слуха человека ограничивается порогом слышимости и порогом болевого ощущения. *Порог болевого ощущения* - это максимальная величина интенсивности, при которой возникают болевые ощущения. Эта величина от частоты почти не зависит.

Все звуки в пределах от порога слышимости до порога болевого ощущения составляют *динамический диапазон*. Речь человека состоит из сочетаний гласных и согласных звуков, имеющих довольно сложную частотную структуру.

При этом понятность и узнаваемость речи определяется ее гласными звуками, а разборчивость - четкостью произносимых согласных. Основной диапазон частот звуков речи 70 - 13000 Гц. Расстояние, на которое можно непосредственно передавать речь, ограничено - 100-150 метров.

В служебной связи используются часть частотного и динамического диапазонов речи. Исследования показали, что без заметного снижения понятности речи можно исключить звуковые частоты, лежащие ниже 300 Гц. При этом обеспечивается необходимая узнаваемость корреспондента. Разборчивость речи остается вполне удовлетворительной при исключении частот выше 3400 Гц. Таким образом, служебные системы связи должны обеспечивать передачу частот 300-2700 Гц при динамическом диапазоне 10-15 дБ.

Телефонная аппаратура, предназначенная для общей служебной связи, должна обеспечивать передачу и воспроизведение частот в пределах 300 - 3000 Гц (тональный спектр частот).

Принцип передачи речи на расстоянии заключается в том, что звуковые колебания, вызываемые голосовыми связками, при помощи передатчика (микрофона) преобразуются в колебания электрического тока, затем передаются по проводам на приёмную станцию. На приёмной станции приёмник (телефонный капсюль) обратно преобразует колебания электрического тока в звуковые колебания. Абоненты слышат друг друга. При разговоре звуковые волны приводят в колебательное движение мембрану микрофона. Мембрана сжимает угольный порошок, сопротивление его при сжатии уменьшается, а сила тока в цепи возрастает. Когда мембрана перестаёт сжимать угольный порошок - сопротивление увеличивается, а значит, сила тока в цепи уменьшается.

Скорость звуковой волны в различных средах неодинакова вследствие неодинаковой плотности сред и различия сил взаимодействия отдельных частиц среды между собой. При нормальных условиях она составляет: в воздухе - 331 м/с, в воде - 1500 м/с, а в стали - 6000 м/с.

При прохождении звуковых волн через среду в ней возникает *звуковое давление*. Количественно звуковое давление, Па, оценивается силой действия волны на площадку, расположенную перпендикулярно к направлению распространения.

Звуковое давление $P_{\text{ж}}$ определяется по формуле

$$P_{\text{ж}} = F_{\text{ж}}/S$$

где $F_{\text{ж}}$ - сила действия звуковой волны, Н; S - площадь препятствия, м².

Звуковые волны с большой амплитудой изменения звукового давления воспринимаются человеческим ухом как громкие звуки, с малой амплитудой изменения звукового давления - как тихие. Следует различать понятия интенсивности и громкости звука. Интенсивность звука является величиной объективной, а громкость - субъективной. *Громкость звука* представляет собой субъективное ощущение данного звука. Для сравнения громкости звуков и в расчетах пользуются величиной L_N , измеряемой в децибелах (дБ), которая называется уровнем громкости звука:

$$L_N = 20 \lg (P_{\text{эф}} / P_0),$$

где P_0 - порог слышимости для звука частотой 1 кГц (20 мкПа); $P_{эф}$ - звуковое давление, создаваемое исследуемым звуком.

Звуковая волна при своем распространении переносит определенное количество звуковой энергии, которая определяет одну из характеристик звука - интенсивность. *Интенсивность звука* - это величина равная количеству звуковой энергии, которая проходит в одну секунду через поверхность в 1 м^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространения звука.

Интенсивность звука определяется по формуле

$$J = W/tS,$$

где J - интенсивность звука, Вт/м^2 ; W - количество переносимой энергии, Дж; t - время, с.

Сравнение различных источников звука также осуществляется в относительном логарифмическом масштабе:

$$N = 10 \lg (J / J_0),$$

где N - уровень звука, дБ; J - интенсивность сравниваемого звука, Вт/м^2 ; J_0 - интенсивность звука при пороге слышимости, Вт/м^2 .

Звуковые колебания, происходящие по гармоническому закону, можно представить в виде синусоидального колебания (рис. 2.2), которому присущи характерные параметры волн (амплитуда, период и т.д.). *Амплитуда колебаний* A - это наибольшее смещение колебаний точки от положения покоя. *Период колебаний* T - это время одного полного колебания. *Частота колебаний* - это число колебаний за одну секунду: $f = 1/T$.

Расстояние между ближайшими друг к другу точками, колеблющимися в одинаковых фазах, называется *длиной волны*, которая имеет прямую связь со скоростью волны v и периодом колебания $\lambda = v \cdot T$.

Звуки определенной частоты воспринимаются человеком как *тон*. Колебания высокой частоты имеют высокий тон, колебания низкой частоты - низкий тон. В системах связи тональные сигналы звуковой частоты используются в качестве вызывных или управляющих сигналов.

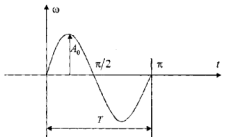


Рис. 2.2. График синусоидального колебания

Человек с нормальным слухом способен различать частоты в пределах от 20 Гц до 20 кГц. Звуки, имеющие частоту менее 20 Гц, принято называть *инфразвуком*, а звуки с частотой выше 20 кГц - *ультразвуком*. Человеческая речь состоит из сочетания гласных и согласных звуков, имеющих довольно сложную частотную структуру. Основной диапазон частот звуков речи лежит в пределах 50-10000Гц, причем гласные звуки лежат ниже согласных по частоте и определяют узнаваемость голоса, а согласные, составляющие верхний частотный диапазон речи, – разборчивость речи. Проводимые эксперименты показали, что без заметного снижения понятности речи можно исключить звуковые частоты, лежащие ниже 300 Гц. При этом обеспечивается необходимая узнаваемость голоса. Разборчивость речи остается удовлетворительной (слоговая – около 90 %, фразовая – более 99 %) при исключении частот выше 3400 Гц. Таким образом, в связи для передачи речевой информации стал использоваться частотный диапазон 0,3-3,4 кГц. В некоторых системах для улучшения показателя разборчивости речи верхний предел стандартного телефонного канала может быть расширен до 4 кГц. В системах звукового вещания полоса пропускания канала может составлять 30-18000 Гц.

Звуковые волны обладают рядом свойств, характерных для волновых процессов: отражения, дифракции, интерференции, преломления и т.д. Данные свойства звука и законы его распространения учитываются при проектировании и монтаже различных систем акустической связи.

2.1.2. Системы телефонной связи

Телефонная связь является наиболее распространённым средством связи в пожарной охране. Вид электрической связи, предназначенный для передачи речевых (звуковых) сообщений, называется *телефонной связью*. Передача речи на большие расстояния стала возможна только после появления передатчика речи - *микрофона* и приёмника речи - *телефонного капсюля*. Простейшая телефонная система включает в себя оконечные устройства, соединенные линиями связи (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Схема телефонной передачи: ВМ – микрофон (передатчик речи); ВР – телефонный капсюль (приёмник речи); Е – постоянно включенный в цепь источник питания; Л1, Л2 – линии связи

Принцип передачи речи на расстояние заключается в том, что звуковые колебания при помощи передатчика речи (микрофона) преобразуются в колебания электрического тока, затем передаются по проводам на приёмную станцию. На приёмной станции приёмник речи (телефонный капсюль) преобразует колебания электрического тока в звуковые колебания.

При разговоре звуковые волны приводят в колебательное движение мембрану микрофона. Мембрана сжимает угольный порошок, сопротивление его при сжатии уменьшается, а сила тока в цепи возрастает. Когда мембрана перестаёт сжимать угольный порошок, сопротивление увеличивается, а значит, сила тока в цепи уменьшается. Таким образом, в цепи создаются электрические колебания, передающиеся по проводам.

Телефонные аппараты состоят из 2-х групп приборов: разговорных и вызывных. Разговорная группа состоит из микрофона и телефонного капсюля. Вызывная группа состоит из звонка переменного тока, номеронабирателя (дискового, кнопочного) и трансформатора.

Телефонный капсюль (рис. 2.4) имеет пластмассовый корпус 1, в дно которого впрессован постоянный магнит 11 с полюсными надставками 4. На свободные концы надставок надеты катушки электромагнита телефона.

Обмотки катушек соединены последовательно, а их свободные концы припаяны к штифтам, которые впрессованы в корпус телефона. С нижней стороны в штифты ввернуты контактные винты, с помощью которых телефон подключается к схеме ТА. Сверху телефонный капсюль закрыт крышкой 2, которая навинчивается на корпус. В крышке имеются отверстия 7.

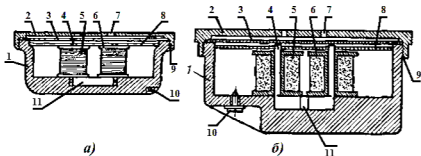


Рис. 2.4. Телефонные капсюли: а) ТА-4; б) ТК-67; 1 – корпус, 2 – крышка, 3 – мембрана, 4 – полюсные надставки, 5 – электрообмотки, 6 – каркас катушки, 7 – отверстие, 8 – защитная прокладка, 9 – резьба, 10 – контактный винт, 11 – постоянный магнит

Для оценки качества телефона как преобразователя электрических колебаний в звуковые используют понятие чувствительности. Чувствительностью S (Па/В) телефона называют величину, определяемую отношением звукового

давления P , развиваемого испытуемым телефоном в камере искусственного уха, к переменному напряжению U , приложенному к его зажимам. Искусственным ухом называется измерительный прибор, акустические параметры которого соответствуют уху человека (прибор, имитирующий среднюю акустическую нагрузку на телефон, создаваемую ухом человека).

Частотная характеристика чувствительности телефона показывает зависимость чувствительности телефона от частоты при постоянном значении напряжения, приложенного к его зажимам. Частотная характеристика чувствительности наиболее неравномерна по сравнению с телефонами, имеющими специальные акустические перегородки.

Для выравнивания частотной характеристики чувствительности телефона в его механико-акустическую систему вводят пластмассовую перегородку, которая делит на две части объем под мембраной. Перегородка имеет форму диска с двумя отверстиями, затянутыми шелком, и двумя отверстиями для полюсных надставок и кладется в специальный паз корпуса таким образом, чтобы полюсные надставки выступали над ней. Объем воздуха между мембраной и акустической перегородкой вместе с воздухом, колеблющимся в отверстиях перегородки, демпфирует (уменьшает) колебание мембраны на резонансной частоте и тем самым выравнивает частотную характеристику чувствительности телефона. В табл. 2.1. приведены основные параметры телефонов ТА-4, ТК-67, ДЭМК-7.

Таблица 2.1

Параметры телефонов

Тип телефона	Диапазон частот, кГц	Диапазон частот, кГц
ТА-4	ТА-4	ТА-4
ТК-67М	ТК-67М	ТК-67М
ДЭМК-7	ДЭМК-7	ДЭМК-7

Рассмотрим устройство и принцип действия микрофона. По принципу действия микрофоны делятся на электромагнитные, угольные, пьезоэлектрические и конденсаторные. Наибольшее применение в телефонной технике получили угольные микрофоны, выполненные в виде капсюля. Корпус МК-10 (рис. 2.5, а) изготовлен из латуни, а внутренняя поверхность покрыта изоляционным лаком. В штампованном корпусе 5 укреплен латунный цилиндрический электрод 1, покрытый сверху слоем палладия. В корпус засыпан угольный порошок 2 (1,25 г).

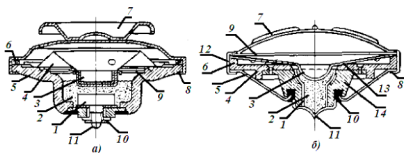


Рис. 2.5. Микрофонные капсули МК-10 (а) и МК-16 (б): 1, 3 – электроды, 2 – угольный порошок, 4 – мембрана, 5, 14 – латунный и фенопластовый корпуса, 6 – основание, 7, 8 – крышки, 9, 13 – влагозащитная и капроновая прокладки (пленки), 10 – изолирующая втулка, 11 – контакт, 12 – ободок

Электрод 1 изолирован от корпуса шайбой и втулкой 10. Электрод 3, выполненный из тонкой латуни в виде пустотелой чашечки, укреплен в центре легкой металлической рупорообразной мембраны 4, края которой закреплены кольцом. Электрод 3 погружен в угольный порошок 2 (поверхность электрода, соприкасающаяся с угольным порошком, покрыта слоем палладия).

Между мембраной и угольным порошком находится эластичная пленка 9, которая крепится между двумя полыми цилиндрическими стаканчиками подвижного электрода вместе с мембраной. Сверху мембрана завальцована крышкой 8 с отверстиями для прохождения звуковых волн. Над крышкой 8 находится вторая крышка 7, которая задерживает (конденсирует) влагу.

В микрофоне даже в горизонтальном положении сохраняется цепь прохождения тока от одного электрода к другому, так как почти весь объем камеры микрофона заполнен порошком, в который глубоко погружены электроды. Поэтому микрофонный капсюль МК-10 считается безобрывным, обладает удивительной влагостойкостью и достаточной механической прочностью.

В телефонных сетях применяют низко-, средне- и высокоомные микрофоны. Различное сопротивление микрофонов зависит от величины зерен угольного порошка и их термической обработки.

В микрофонном капсюле МК-16 (рис. 2.5, б) основание 6 имеет форму фигурного кольца с двумя бортиками по окружности. На верхнем бортике (с большим диаметром) расположена мембрана 4 из фольги, на которой укреплен латунный электрод 3, имеющий форму колпачка. Мембрана 4 сверху покрыта влагозащитной полиэтилентерефталатной пленкой 9. Внутри нижнего бортика с меньшим диаметром расположен фенопластовый корпус 14 с отверстием в середине. Полый латунный электрод 1 завальцован внутрь корпуса 4. Верхняя часть электрода имеет сферическую, а нижняя – трубчатую форму. Латунный колпачковый контакт 11 завальцован с внешней стороны в латунный электрод 1.

Пространство между электродами наполняется угольным порошком. Нижняя кромка латунного корпуса 5 и кромка колпачкового контакта 11 изолированы друг от друга и помещены в выемке корпуса 4. Микрофонные капсюли импортных телефонных аппаратов отличаются от отечественных в основном размерами. Поэтому при установке импортных капсюлей в отечественные микрофоны применяют специальные кольца и шайбы.

Микрофонный капсюль МК-16, устанавливаемый в телефонных аппаратах системы центральной батареи, имеет сопротивление 180 Ом.

Принцип действия микрофона заключается в следующем. В спокойном состоянии мембраны, когда на неё не попадают звуки, сопротивление микрофона не меняется. В этом случае при замкнутой цепи через микрофон протекает постоянный ток для питания микрофона. Под действием звуковых волн мембрана начинает колебаться. Эти колебания вызывают изменения давления между зёрнами угольного порошка и контактного сопротивления между ними. В цепи микрофона появляется пульсирующий ток. Переменная составляющая такого тока меняется в соответствии с законом звукового давления, действующего на мембрану. Это позволяет рассматривать микрофон как генератор электрических колебаний звуковой частоты.

Сопротивление микрофона зависит от технологии изготовления порошка, величины и формы зёрен, от его пространственного положения и величины тока питания. Чем крупнее зёрна угольного порошка, тем меньше сопротивление микрофона. С увеличением тока питания микрофона сопротивление его уменьшается, это объясняется отрицательным температурным коэффициентом угля и явлением спекания зёрен порошка.

Основным недостатком у микрофона МК-10 является чувствительность от положения в пространстве. Улучшенными характеристиками обладает микрофонный капсюль типа МК-16. У него улучшена акустическая система, подвижный и неподвижный электроды выполнены в виде полусферы, что уменьшает зависимость сопротивления микрофона от его положения в пространстве. В табл. 2.2 приведены основные параметры микрофонов МК- 10 и МК- 16.

Таблица 2.2

Параметры микрофонов

Тип микрофона	Тип микрофона	Тип микрофона
МК- 10	МК- 10	МК- 10
МК- 16	МК- 16	МК- 16

Основным показателем, характеризующим качество микрофона, является чувствительность. *Чувствительность* (коэффициент передачи) определяется отношением величины электродвижущей силы E_M , развиваемой микрофоном, к звуковому давлению P_M , действующему на его мембрану [2]:

$$k_M = E_M / P_M.$$

Постоянную чувствительность микрофон сохраняет только в определенной полосе частот. Для определения средней чувствительности микрофона в заданной частоте частот пользуются выражением

$$k_{M_{cp}} = \frac{1}{f_2 - f_1} \int_{f_1}^{f_2} k(f) d(f),$$

где $k(f)$ - частотная характеристика микрофона, $f_2 - f_1$ - заданная полоса частот.

Качество телефона как преобразователя электрических колебаний в звуковые и обратно оценивается чувствительностью телефона: k_T - отношением звукового давления P , развиваемого телефоном, к напряжению на зажимах телефона U :

$$k_T = P / U.$$

Устройство телефонных аппаратов. Вызывные приборы осуществляют вызов абонента станцией и станции абонентом, к ним относится *индуктор*, *звонок переменного тока* и *номеронабиратель*.

В аппаратах систем «местная батарея» (МБ) и «центральная батарея» (ЦБ) приёмником вызова служит звонок переменного тока. Вызов станции в аппаратах системы МБ осуществляется индуктором, в аппаратах системы ЦБ - замыканием цепи постоянного тока батареи станции. Приём вызова на телефонных станциях осуществляется вызывными клапанами, бланкерами (реле).

Номеронабиратель телефонных аппаратов системы ЦБ-АТС используется для управления приборами автоматической телефонной станции во время соединения. Вызов абонента со станции в системе МБ осуществляется индуктором, так и в системе ЦБ-АТС осуществляется с помощью генератора переменного тока частотой 15-25 Гц и напряжением 70-110 В.

Индуктор представляет собой генератор вызывного тока, который приводится в действие вручную. В аппаратах системы МБ применяются многополюсный индуктор типа ИМ-6, состоящий из неподвижной катушки с обмоткой (статора) и вращающего двенадцатиполусного магнита (ротора). Это позволило исключить из конструкции индуктора трущиеся токоотводящие контакты обмотки и зубчатую передачу, имеющиеся в составе индукторов других типов. Если ротор делает три оборота в секунду, то при шести парах полюсов в индукторе частота колебаний будет равна 18 Гц, напряжение на нагрузке 2500 Ом - 65 В, отдача мощности - 1,6 Вт.

Звонок является приёмником вызова в телефонных аппаратах. В аппаратах системы МБ и ЦБ-АТС применяется поляризованный звонок переменного тока (рис. 2.6), состоящих из 2-х электромагнитов 3, укрепленных на стальном основании, якоря 2 в виде коромысла с бойком 5, двух звонковых чашек 4 и постоянного магнита 1.

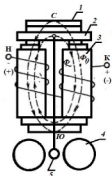


Рис. 2.6. Устройство звонка

При отсутствии тока в обмотке электромагнитов оба плеча якоря притягиваются к сердечникам с одинаковой силой магнитным потоком постоянного магнита Φ_0 . Если ток проходит по обмотке, то магнитный поток в одном сердечнике возрастает, а в другом уменьшается. Плечо якоря, через которое проходит в данный момент суммарный магнитный поток, притягивается к сердечнику, и боёк ударяет по чашке звонка. При смене направления тока возрастает магнитный поток во втором сердечнике, а в первом уменьшается. Якорь притягивается ко второму сердечнику, и боёк ударяет по второй чашке. Так как при вызове через звонок проходит переменный поток $\Phi\sim$, то якорь попеременно притягивается то к одному сердечнику, то к другому, а боёк поочерёдно ударяет по чашкам звонка. На рис. 2.6 штриховыми линиями показан момент, когда магнитные потоки постоянного магнита Φ_0 и электромагнита $\Phi\sim$ складываются в правом сердечнике.

Номеронабиратель, устанавливаемый на телефонном аппарате, предназначен для передачи информации о номере вызываемого абонента на станции при установлении автоматического соединения. Номеронабиратель имеет заводной диск с десятью отверстиями. Абонент, получив сигнал ответа станции, поворачивает заводной диск до упора. При этом рабочая пружина номеронабирателя закручивается. При обратном движении диска происходят периодические замыкания и размыкания абонентского шлейфа (линий) импульсными контактами номеронабирателя. Число размыканий шлейфа соответствует значению набранной абонентом цифры. Равномерность обработанного движения механизма номеронабирателя обеспечивается центробежным регулятором, в результате импульсы имеют необходимую длительность и правильную форму.

В телефонных аппаратах системы МБ источник питания находится внутри телефонного аппарата или непосредственно вблизи от него (полевой телефонный аппарат ТА-57). В телефонных аппаратах системы ЦБ микрофон питается по проводам абонентской линии от общей центральной батареи, расположенной на телефонной станции (телефонный аппарат ТА-68). Телефонные ап-

параты системы ЦБ-АТС по способу питания микрофона подобны телефонным аппаратам системы ЦБ и отличаются только наличием номеронабирателя (дисковый или кнопочный).

Основной принцип организации телефонной связи в телефонных сетях – принцип коммутации каналов, т.е. соединение между абонентами устанавливается только на время сеанса связи, по окончании которого КС разрывается. Соединение абонентов, межстанционные соединения в телефонной сети осуществляются на телефонных станциях, которые делятся на ручные (коммутаторы) и автоматические. В настоящее время практически во всех областях жизнедеятельности человека в качестве телефонных станций используются телефонные станции с автоматическим соединением абонентов (АТС). Иными словами, соединение оконечных устройств на телефонной станции осуществляется без участия обслуживающего персонала телефонной станции самим абонентом путем набора определенного номера абонента телефонной сети. Ручное соединение абонентов имеет место в телефонных сетях с необходимостью диспетчеризации. Телефонные сети с ручным соединением организуются в основном некоторыми службами при решении специальных задач (например, диспетчерская телефонная связь). На рис. 2.7 изображена схема компонентов центральной АТС.



Рис. 2.7. Компоненты центральной АТС

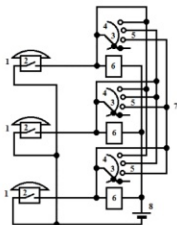


Рис. 2.8. Схема АТС на три номера: 1 – телефонный аппарат; 2 – номеронабиратель; 3 – храповое колесо; 4 – подвижная щетка (токосниматель); 5 – ламель; 6 – электромагнит; 7 – многократное поле; 8 – источник питания

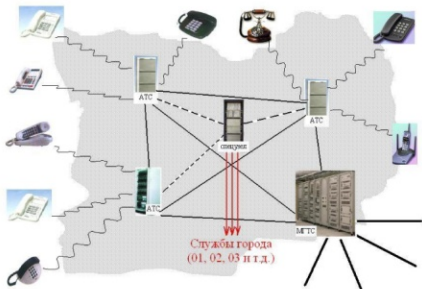


Рис. 2.9. Упрощенная схема городской телефонной сети радиально-узловой принципа построения

Телефонная сеть может быть организована по одному из следующих принципов [1]:

- радиального включения абонентов (узловая система), т.е. сосредоточением всего оборудования в одном здании или помещении. Такие сети чаще всего организуются в небольших населенных пунктах. Телефонные сети, построенные по этому принципу, также используются для внутренней связи в отдельных зданиях (учреждениях, организациях и т.д.). Основой узловой системы телефонной связи является станция (коммутатор), к которой радиально линиями связи подключены оконечные устройства. Наиболее распространенными узловыми системами являются телефонные сети на базе АТС малой и средней емкости (до нескольких сотен абонентов). На рис 2.8 изображена схема АТС на три номера;

- радиально-кольцевого включения абонентов (радиально-узловая система), т.е. установка в определенных районах населенного пункта телефонных станций с соединением этих станций между собой. Другими словами, это объединение нескольких узловых систем. Такое построение телефонной сети используется в крупных городах (рис. 2.9).

Общегосударственная автоматически коммутируемая телефонная сеть состоит из местных (городских и сельских) сетей связи, зонных телефонных сетей и междугородной автоматической и заказной (полуавтоматической или ручной) телефонных сетей (рис. 2.10) [2].

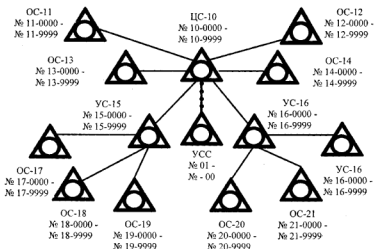


Рис. 2.10. Схема организации городской телефонной сети:
ЦС – центральная станция; ОС – оконечная станция; УС – узел связи

Коммутируемая сеть связи гарнизона пожарной охраны состоит из стационарных и линейных устройств и обеспечивает каждому абоненту сети выбор требуемых направлений связи. На рис. 2.11 приведен пример организации доставки информации в гарнизоне по коммутируемым сетям полной значности городской телефонной сети (ГТС) [2].

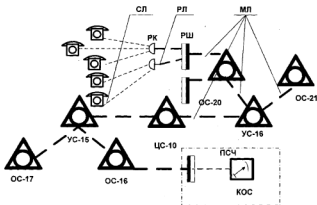


Рис. 2.11. Пример организации доставки информации в гарнизоне по коммутируемым сетям полной значности ГТС:

РШ – распределительный шкаф; РК – распределительная коробка; МЛ – магистральная линия; СЛ – соединительная (абонентская) линия; РЛ – распределительная линия

В зависимости от вида коммутационных устройств, применяемых на АТС, последние разделяют на следующие типы: декадно-шаговые; координатные; электронные. В декадно-шаговых АТС, впервые появившихся в первой половине XX века, применяются электромеханические искатели с электромагнитным приводом. Данный тип АТС прост в обслуживании, относительно дешевый. Недостатком этих АТС является ненадежность соединения, малое быстродействие, высокий уровень шума при работе устройств станции. В настоящее время использование этих станций незначительно.

Более высокой надежностью и быстродействием обладают координатные АТС, которые, несмотря на большую стоимость, нашли более широкое применение и стали приемниками декадно-шаговых АТС. В качестве коммутационных устройств в АТС этого типа применены многократные координатные соединители, осуществляющие соединение линий по схеме координатной сетки. В настоящее время парк данных координатных АТС в населенных пунктах и учреждениях еще значителен.

Научно-технический прогресс привел к появлению качественно нового типа АТС: электронного. В качестве коммутационных устройств на АТС этого

поколения используются электронные ключи, реализованные на базе полупроводниковых элементов. В качестве централизованного устройства, управляющего работой ключей, а также обеспечивающего выполнение некоторых дополнительных функций, применяются специализированные комплексы на базе компьютерной техники, где предусмотрено программное управление процессами коммутации телефонных каналов и распределения потоков телефонных сообщений. Электронные АТС имеют меньшую потребляемую мощность, малые габариты. Применение полупроводниковой технологии создает бесшумность работы АТС, ее надежность и быстродействие.

На рис. 2.12 изображена схема связи абонентов по линиям связи «01» на базе электронной АТС [2].

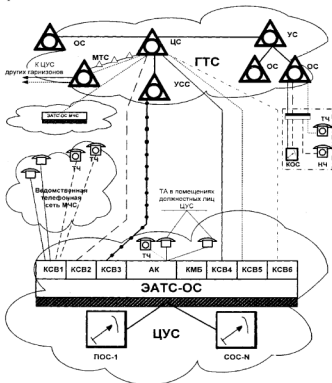


Рис 2.12. Схема связи абонентов по линиям связи «01»: КСВ – комплект связи внешний: 1 – ведомственная сеть МЧС; 2 – абонентские линии; 3 – линии «01»; 4 – внешний узел связи; 5 – однотипная станция по соединительным линиям; 6 – внешний канал тональной частоты (ТЧ); АК – абонентский комплект; КМБ – комплект местной батареи; ЭАТС-ОС – электронная АТС – оконечная станция; ЦС – центральная станция; УС – узел связи

При организации телефонной связи в телефонных сетях, где действуют АТС с программным управлением, открывается возможность введения дополнительных видов обслуживания абонентов, в частности, предоставление им таких дополнительных услуг, как возможность применения сокращённого (с меньшим количеством знаков) набора номеров наиболее часто вызываемых абонентов; установка телефонного аппарата «на ожидание», если номер вызываемого абонента занят; уведомление абонента о вызове, когда он ведёт разговор с другим абонентом; переключение соединения на другой телефонный аппарат (переадресация вызова); организация одновременной телефонной связи нескольких абонентов (конференц-связь); обеспечение преимущественного права на соединение (приоритет) и др.

Основным видом кабеля, используемым при построении ГТС, до недавнего времени являлся телефонный кабель связи типа «витая пара» (рис. 2.13), применяемый при построении телефонных сетей в населенных пунктах или отдельных зданиях [1]. Пара проводников кабеля обеспечивает подключение одного телефонного номера. Количество проводников в различных видах телефонного кабеля колеблется от единиц до нескольких тысяч (max 9400 проводников). Телефонные кабели в зависимости от области применения и назначения могут быть различных видов, но имеют общие требования по передаче сигналов: исключение взаимного влияния проводников многожильного кабеля друг на друга, а также воздействие на них внешних электрических и магнитных полей. Первое условие достигается путем наложения ограничений на параметры электрических сигналов по мощности и амплитуде, а второе – экранизацией кабеля. Витая пара сконструирована таким образом, чтобы минимизировать наводки на нее со стороны соседних пар, электрических линий, источников импульсных помех. Конструкция витой пары способствует уменьшению (в идеале отсутствию) излучения со стороны пары на соседние пары в пучке. В симметричном кабеле провода свиты между собой и этим достигается баланс, т. е. симметричные условия возбуждения помехи в проводах кабеля. В идеальной симметричной паре помехи, наведенные в проводах пары, взаимоуничтожаются.

Развитие телекоммуникационных технологий не обошло стороной классический вид связи – телефонный. В обычном телефонном звонке подключение между обоими собеседниками устанавливается через телефонную станцию исключительно с целью разговора. Сигналы голосового спектра передаются по определенным телефонным линиям, через выделенное подключение. Обычные телефонные соединения требуют разветвленной сети телефонных станций, связанных закрепленными телефонными линиями, подвода волоконно-оптических кабелей и т.д. Высокие затраты телефонных компаний приводят к дорогим для абонентов междугородным разговорам. Выделенное подключение телефонной



Рис. 2.13. Многожильный телефонный кабель «витая пара»

станции также имеет много избыточной производительности или времени простаивания в течение речевого сеанса.

Интернет-телефония частично основывается на существующей сети закрепленных телефонных линий. Но главное, она использует самую передовую технологию сжатия голосовых сигналов и полностью использует емкость телефонных линий. Поэтому пакеты данных от разных запросов, и даже различные их типы, могут перемещаться по одной линии одновременно.

Основное преимущество пакетной телефонии для корпоративных пользователей - эффективное использование вложенных денежных средств за счет эксплуатации единой унифицированной телекоммуникационной сети. Было бы неправильно считать IP-телефонию идеальным средством передачи голоса. Как и любая, пусть самая совершенная технология, IP-телефония имеет свои минусы: необходимость набора длинной последовательности цифр, обязательное наличие у абонента ТА с тональным набором, недостаточное качество связи и др. Наиболее перспективными направлениями развития пакетной телефонии являются корпоративные мультисервисные сети связи (МСС) и организация альтернативной междугородной и международной телефонной связи.

2.2. Системы передачи данных

Деятельность подразделений МЧС происходит в условиях с постоянно растущим числом техногенных катастроф, крупных пожаров, серьезных аварий и т.д. Прогнозирование, предотвращение и ликвидация их последствий эффективна при условии использования необходимой информации. Объемы такой информации в современных условиях значительны и не всегда подлежат передаче обычными средствами связи [1].

В этом случае применяются *системы передачи данных* (СПД), строящиеся на базе цифровых сетей, по сути представляющих комплекс территориально распределенных компьютеров и их терминалов, объединенных цифровыми линиями связи в единую систему. Одним из достоинств использования СПД как способа обмена информацией является сравнительно быстрая передача информации большого объема.

Системы передачи данных позволили поднять на качественно новую ступень управление производственными объектами, повысить эффективность использования ЭВМ, улучшить качество обрабатываемой информации, реализовать безбумажную технологию передачи информации, создать новые информационные и телекоммуникационные технологии.

Система передачи данных состоит из трех основных компонентов:

- сети передачи данных, включающей в себя каналы передачи данных и средства коммутации;
- устройств передачи данных (компьютеров), связанных сетью передачи данных;
- сетевого программного обеспечения.

Программное обеспечение и аппаратная база являются предметом изучения информатики, поэтому основное внимание уделим сетям передачи данных. Необходимо уточнить, что под сетями передачи данных неискушенный человек подразумевает, как правило, сети, оконечными устройствами которых является компьютерная техника, и в быту обыватели зачастую называют их компьютерными сетями. Современная конвергенция связи и информатики в значительной степени размывает это привычное понятие. Понятие *сети передачи данных* значительно шире: оно подразумевает объединение аппаратных, программных и технологических средств, обеспечивающих передачу информации в формализованном виде (в виде данных).

Можно привести несколько видов классификации сетей передачи данных. В организационном плане их чаще всего делят по степени географического распространения. По этому признаку сети передачи данных подразделяются на локальные, городские, глобальные и др., по принадлежности их можно разделить на сети общего пользования и корпоративные.

Локальная сеть - это группа ЭВМ, а также периферийное оборудование, объединенные одним или несколькими автономными высокоскоростными каналами передачи цифровых данных в пределах одного или нескольких близлежащих зданий. Сеть передачи данных может быть реализована в виде региональной сети, которая может охватывать район, город, область. Система, охватывающая большую территорию (в масштабе страны, континента, мира), получила название глобальной сети. По существу, *глобальная сеть* - это совокупность локальных сетей, объединенных между собой, т.е. имеющих физическое соединение между собой. Ввиду того, что глобальные сети - это множество локальных, последние вызывают практический интерес конечного пользователя. Кроме того, локальная сеть является минимальной единицей, обеспечивающей технологический процесс передачи данных, а в связи с тем, что оконечной аппаратной базой при этом являются различные ЭВМ, то локальные сети передачи данных также уместно называть локально-вычислительными сетями (ЛВС).

ЛВС, как и любая сеть, состоит из совокупности узлов и соединяющих их ветвей. Любая ЛВС характеризуется своей структурой и основными принципами передачи данных, но независимо от этого пользователи компьютерной сети получают возможность совместно использовать ее программные, технические, информационные и организационные ресурсы.

В зависимости от архитектуры ЛВС делятся на централизованные и децентрализованные.

Персональный компьютер, работающий в сети, называется *рабочей станцией*. Во многих случаях в составе ЛВС помимо рабочих станций включаются специальные компьютеры, называемые серверами. Такие сети получили название сетей с выделенным сервером (централизованные), реализующие архитектуру клиент-сервер. *Сервер* - персональная или виртуальная ЭВМ, выполняющая функции по обслуживанию клиента и распределяющая ресурсы системы: принтеры, базы данных (БД), программы, внешнюю память и др. Серве-

ры выполняют для пользователей сети лишь определенные услуги (хранение данных, печать заданий, выполнение отдельных программ, передача электронных писем или факсимильных сообщений и т.д.). Сетевой сервер поддерживает выполнение функций сетевой операционной системы, терминальный – выполнение функций многопользовательской системы. Сервер баз данных обеспечивает обработку запросов к базам данных в многопользовательских системах. Он является средством решения сетевых задач, в которых локальные сети используются для совместной обработки данных, а не просто для организации коллективного использования удаленных внешних устройств.

При отсутствии в сети сервера сеть является равноправной (*одноранговой*). В одноранговых сетях сетевое управление таково, что каждый узел может выступать и как рабочая станция, и как сервер. Рабочие станции можно объединить и совместно использовать БД на файл-сервере. Такие сети недорогие, но число пользователей невелико. Равноправные сети эффективны при наличии в сети не более 10 рабочих станций.

В качестве ЛС в локальных сетях чаще всего используется тип кабеля, применяемый в телефонии, – «витая пара» (рис. 2.14), модификация телефонного многожильного кабеля, который выпускается в двух вариантах: неэкранированный (Unshielded Twisted Pair-UTP) и экранированный (Shielded Twisted Pair-STP). Экранированная пара более устойчива к электромагнитным помехам, поэтому при возможности лучше применять такой тип кабеля. На практике чаще используется неэкранированная витая пара. Это происходит, во-первых, из-за того, что такой тип кабеля чаще используется для разводки телефонных линий, а, во-вторых, неэкранированная витая пара дешевле экранированной.



Рис. 2.14. Неэкранированная витая пара

Недостатком витой пары является высокий коэффициент затухания сигнала и чувствительность к электромагнитным помехам (для неэкранированного кабеля), поэтому расстояние между компьютерами не может превышать, как правило, 100 метров. В настоящее время появились разработки кабеля 7-го уровня (до 10 ГГц).

В качестве ЛС в сетях передачи данных также используются коаксиальные и оптоволоконные кабели. Наилучшими характеристиками по помехозащищенности и пропускной способности обладает оптоволоконный кабель, который в основном применяют для прокладки магистральных линий. Передача данных может осуществляться по радиоканалу с использованием специализированного радиооборудования – радиомодемов. Оконечными устройствами в этом случае являются мобильные рабочие станции (ноутбук), а в качестве носителя информации при обмене данными используются радиоволны, формируемые средствами радиосвязи (радиостанция, сотовый телефон). Использование радиоволн при организации сетей передачи данных устраняет проблемы, свя-

занные с прокладкой и монтажом кабельных соединений, но создает другие – помехозащищенность и защита информации от несанкционированного доступа.

Механизм передачи данных, допустимый в той или иной сети, во многом определяется *топологией* (рис. 2.15), т.е. конфигурацией подключения устройств в сети, которая определяет производительность (пропускную способность), надежность (устойчивость) и стоимость сети. Выбор кабеля для построения сети также зависит от топологии сети, т.к. сетевое оборудование (разветвители, переходники и т.д.) фирмы-производители разрабатывают под определенный вид кабеля.

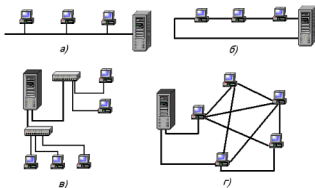


Рис. 2.15. Топологии построения локальных сетей:
а) шина, б) кольцо, в) ячейка, г) звезда

Сравнительная характеристика различных топологий ЛВС проводится по устойчивости сети, т.е. способности функционировать при выходе из строя какого-либо элемента сети. Важным показателем является производительность ЛВС, описывающая пропускную способность сети. Экономическим показателем являются, естественно, затраты на построение и эксплуатацию сети, т.е. ее стоимость.

Основными топологиями построения локальных сетей являются: шина, звезда, ячейка (дерево), кольцо. В топологии «шина» устройства подключаются к общему кабелю с помощью отрезков кабеля и тройников. При неисправности кабельной системы локальная сеть разделяется и рабочие станции работают только в своем сегменте. В топологии «звезда» оконечные устройства подключены к центральной системе, которой, как правило, является сервер сети. Эта топология более надежна, но требует большого количества кабеля, что повышает стоимость сети в целом. В топологии «ячейка» станции подключены по принципу радиально-узловой структуры, что повышает надежность и производительность сети. Эта топология применяется чаще всего для крупных сетей, имеющих ЛС с большой информационной нагрузкой. «Кольцевая» топология

предусматривает подключение рабочих станций последовательно и передача данных осуществляется эстафетно.

Для пояснения работы СПД рассмотрим процесс взаимодействия двух рабочих станций в сети, структурная схема которого представлена на рис. 2.16. Допустим, что пользователь на одной из рабочих станций (PC) выполняет какой-либо расчет, например, расчет количества пожарных извещателей для какого-либо объекта. Алгоритм, по которому происходит обработка информации или решение задачи и выдача результатов, например, пользователю, получил название прикладной программы. Результаты расчета должны быть переданы в БД на другой компьютер. Для того, чтобы выполнить эту задачу, необходимо выполнить два условия. *Во-первых*, нужно обеспечить физическое соединение станций. Для этого нужно создать ЛС между компьютерами, преобразовать данные, например, в электрические сигналы, и передать их по физической среде (телефонным проводам, коаксиальному или оптоволоконному кабелю, радиоканалу и т.д.). Эти функции выполняет сеть передачи данных или протоколы (программы), стандарты физического уровня. Они определяют вид модуляции сигнала, электрические характеристики сигнала, тип передающей среды и ее характеристики, способы подключения рабочих станций к сети и т.д. В простейшем случае сеть передачи данных состоит из интерфейсного оборудования, в качестве которого могут выступать модемы, сетевые адаптеры и т.п. и ЛС между ними.

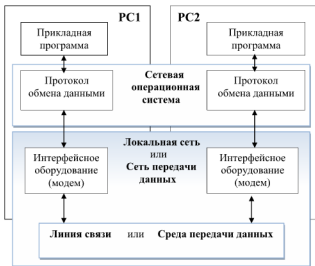


Рис. 2.16. Структура взаимодействия рабочих станций в локальной сети

Во-вторых, необходимо установить логическую связь между станциями. В нашем случае требуется скопировать файл с одной станции на другую. Сначала нужно убедиться, что второй компьютер готов к приему файла и способен принять информацию в передаваемом виде (формате), а при передаче следить за тем, чтобы данные были переданы безошибочно. Эти задачи решают программы логического уровня – протоколы обмена данными. Они определяют правила, по которым выполняется передача данных в сети (порядок установления связи между станциями, порядок передачи данных, порядок обработки ошибок, порядок окончания сеанса связи и т.п.).

В сетях работает несколько рабочих станций, поэтому возникает потребность организовать их работу (определить возможность и права доступа к данным, систему защиты информации, порядок взаимодействия между различными протоколами). Контроль общего взаимодействия устройств и пользователей в сети выполняет сетевая операционная система.

Основой построения глобальных сетей передачи данных являются, например, существующие телефонные сети. Для передачи информации от одной ЭВМ к другой в глобальных сетях используются специализированные коммутационные серверы (host-ЭВМ). Host-ЭВМ - это ЭВМ, установленная в узлах сети и решающая вопросы коммутации в сети. Коммутационная сеть образуется множеством серверов и host-ЭВМ, соединенных физическими каналами связи, которые называют магистральными. Концепция построения (модернизации) магистральных каналов в настоящее время предусматривает использование оптоволоконных, радиорелейных или спутниковых линий связи.

Интранет (Intranet) представляет собой технологии распределенной корпоративной информационной ЛВС, предназначенные для обеспечения контролируемого доступа сотрудников к корпоративным информационным ресурсам и для использования программных продуктов и технологий Интернет.

2.3. Документальная связь

Документальная связь в современном мире приобрела широкое распространение, т.к. появилась возможность отмены личных контактов между людьми при обмене документацией. Документальная связь применяется при необходимости передачи сообщений с подтверждением юридического характера, а также передачи иллюстративных и графических изображений. Понятие документальности заключается в обязательной *записи сообщения* в пункте приема даже в отсутствии получателя.

К документальной связи относится один из классических видов электрической связи – *телеграфная связь*. С развитием электроники появился другой вид электрической связи, берущей свое начало в телеграфной связи, – *факсимильная связь*. С некоторым отступлением документальной связью можно считать и некоторые другие технологии электрической связи: систему персонального радиовызова (*пейджинговая связь*), голосовую почту и некоторые другие.

Развитие компьютерной техники привело к созданию самого современного вида документальной связи - *электронной почты*. Электронная почта может применяться при циркулярной передаче большого объема информации или в случае необходимости передачи информации, требующей дополнительную обработку на пункте приема (редактирование, архивация, обобщение и т.д.). В связи с тем, что электронная почта не предусматривает отдельного специального оборудования, наличие персонального компьютера, подключенного к сети передачи данных, позволяет абоненту пользоваться данным видом связи.

Основное преимущество документальной связи – высокая оперативность передачи информации за счет освобождения получателя от приема информации и записи ее вручную, что особенно важно при занятости дежурного (диспетчерского) персонала оперативной работой. Кроме того, современные технические решения обеспечивают большую достоверность документального обмена информацией.

2.3.1. Телеграфная связь

Принцип действия телеграфной связи поясняет рис. 2.17. Основными элементами телеграфной сети являются телеграфные аппараты, источник напряжения и линия, соединяющая аппараты. По схеме рис. 2.17 передача телеграфного сообщения может осуществляться от станции А, где имеется источник напряжения U_6 и телеграфный аппарат, изображенный в виде ключа К. Приемный телеграфный аппарат станции Б изображен в виде электромагнита ЭМ. С помощью ключа К замыкается или размыкается цепь тока, протекающего по цепи: плюс U_6 , ключ К, линия, ЭМ станции Б и по второму проводу к минусу U_6 станции А. При замыкании ключа К на станции А в линию поступает токовая посылка, получив которую ЭМ станции Б притянет якорь. При размыкании ключа К на станции А ЭМ станции Б отпустит якорь, в результате будет принята токовая посылка. Телеграфист станции А, замыкая и размыкая ключ, преобразует телеграфное сообщение в электрические посылки. Принятые электромагнитом станции Б токовые и бестоковые посылки регистрируются записывающим устройством приемного аппарата в виде знаков, букв, цифр.

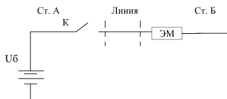


Рис. 2.17. Схема построения телеграфной связи

Для передачи сообщений со станции Б на станцию А необходимо на станции Б иметь передатчик, а на станции А - приемник. Схема телеграфной связи для этого случая приведена на рис. 2.18.

Чтобы любая из станций могла начать передачу в любой момент времени, ключи передатчиков обеих сетей должны быть всегда замкнуты. Началу работы соответствует размыкание ключа передатчика станции А или станции Б.

По схеме рис. 2.17 передача может вестись только в одном направлении от станции А к станции Б. Такая передача называется односторонней.

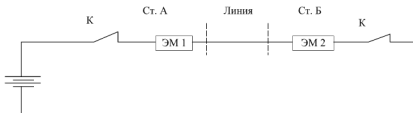


Рис. 2.18. Схема двусторонней телеграфной связи

По схеме рис. 2.18 передача может осуществляться либо от станции А к станции Б, либо от станции Б к станции А и связь в этом случае называется двусторонней поочередной. Двусторонняя одновременная связь характеризуется одновременной передачей телеграфных сообщений в обоих направлениях.

Для передачи сообщения по телеграфной связи каждый знак сообщения преобразуется в комбинацию токовых и бестоковых посылок токов разного направления. Такая комбинация называется *кодовой*. Процесс замены передаваемого знака сообщения соответствующими кодовыми комбинациями называют кодированием, а таблица соответствия кодовых комбинаций передаваемых знаков называется кодом. Первым телеграфным кодом был код Морзе (рис. 2.19). С. Морзе предложил передавать знаки с помощью посылок электрического тока различной длительности - точек и тире.

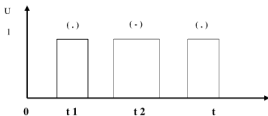


Рис. 2.19. Телеграфный код Морзе

Для телеграфных сообщений теперь принят равномерный пятизначный код, согласно которому для передачи любого знака требуется пять единичных элементов, т. е. токовых и бестоковых посылок одинаковой длительности, которые используются в различных сочетаниях. Символическая токовая посылка обозначается - 1, а бестоковая - 0. Такой код называется двоичным, т. к. в него входят два вида единичных элементов.

Для передачи одного знака в телеграфии применяется, как правило, 7-разрядный двоичный код, т.е. каждый символ передается последовательностью, состоящей из 7 тактовых промежутков времени определенной длительности («0» или «1»), соответствующих длительности одного импульса.

Новейшие телеграфные аппараты являются электронными и совместимыми с ПК, поэтому процесс передачи телеграфных сообщений значительно упрощается. Но, несмотря на это, по оценкам специалистов, объем трафика классической телеграфной связи уменьшается в связи с быстрым развитием других видов документальной связи: факсимильной и электронной почты.

2.3.2. Факсимильная связь

Факсимильная связь исторически берет начало из телеграфной связи: факсимильная связь – это фототелеграф [1]. *Факсимильная связь* – вид электрической связи, предназначенный для передачи неподвижных плоских изображений (графических, иллюстративных и т.д.). По сравнению с телеграфной связью факсимильная связь характеризуется большим разнообразием передаваемой документальной информации (передача не только содержания, но и внешнего вида самого документа, фотографий, рисунков и т.д.) и более высокой помехоустойчивостью. Применение факсимильной связи в предыдущие годы сдерживалось из-за малой пропускной способности СП и невысокой достоверности передачи информации. Раньше фототелеграфная связь использовалась, главным образом, для передачи материалов газетных полос. Развитие электроники способствовало активному развитию факсимильной техники. Факсимильная связь эффективна при организации документооборота и может использоваться для передачи схем, карт, копий приказов, планов и т.д.

Абонентская факсимильная связь организуется по телефонной сети. В качестве каналов факсимильная связь использует стандартные телефонные каналы проводной связи или радиотелефонные каналы КТЧ. Факсимильная связь осуществляется при помощи факсимильных аппаратов, которые подключаются параллельно ТА абонентов. С помощью ТА устанавливается соединение между абонентами, и после этого осуществляется передача факсимильного сообщения, началом которой является нажатие кнопки соответствующей функции факсимильного аппарата (например, кнопка «Start»). Современные факсимильные аппараты конструктивно выполнены так, что позволяют передавать как речевые, так и факсимильные сообщения, т.е. совмещают функции телефонного и факсимильного аппаратов. Простота организации факсимильной связи дает

возможность установки факсимильной техники не только на пунктах связи, а и у отдельных абонентов.

В пожарной охране факсимильная связь получила широкое применение и распространение. Часто используются системы факсимильной связи типа "ФОРМАТ", которые позволяют передавать графическую и текстовую информацию на пожарные автомобили, следующие к месту пожара.

Тракт факсимильной связи включает факсимильный передатчик, ЛС и факсимильный приемник. На рис. 2.20 представлена схема односторонней передачи факсимильного сообщения. В основу факсимильной связи положен метод передачи временной последовательности сигналов, характеризующих яркость отдельных элементов передаваемого документа и соответствующей репродукции на приемном бланке. Такой метод получил название *метода развертки*. В общем, схема односторонней передачи факсимильного сообщения включает в себя последовательно систему сканирования, систему передачи/приема сигнала и систему воспроизведения (печати).

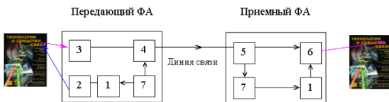


Рис. 2.20. Структурная схема системы факсимильной связи:

- 1 – развертывающее устройство, 2 – светооптическое устройство, 3 – фотоэлектрический преобразователь, 4 – модулятор (АЦП и УПС), 5 – демодулятор (УПС и ЦАП), 6 – воспроизводящая система, 7 – устройство синхронизации и фазированная антенная решетка.

Возможности факсимильных аппаратов зависят от их модификации. Многие факсимильные аппараты совместимы с ПК. Современные факс-модемы имеют в своем составе все составные части факсимильных аппаратов за исключением сканирующего и воспроизводящего устройств. Они «умеют» связываться с обыкновенными факсами, при этом принимаемая информация о передаваемом изображении выдается на компьютер, где протоколом передачи факсимильных сообщений преобразуется в один из распространенных графических форматов. В дальнейшем полученный таким образом документ можно отредактировать, вывести на принтер или передать другому корреспонденту, имеющему факс или ПК с факс-модемом. Большинство современных факсимильных аппаратов могут содержать в памяти в зависимости от модификации от 10 до 500 стандартных страниц формата А4 с информацией или голосовые сообщения продолжительностью порядка 10-15 минут (функция голосовой почты).

2.4. Система телевизионной связи

Телевидение - вид электрической связи, предназначенный для передачи подвижных изображений. В состав телевизионной системы входит телевизионный передатчик и телевизионный приемник, соединенные ЛС. Структурная схема телевизионной системы представлена на рис. 2.21 [1].

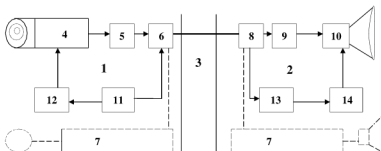


Рис. 2.21. Структурная схема системы телевизионной связи:

- 1 – телевизионный передатчик, 2 – телевизионный приемник, 3 – ЛС;
- 4 – передающая телевизионная трубка; 10 – приемная телевизионная трубка (кинескоп); 6 – передатчик сигнала (модулятор), 8 – приемник сигнала (детектор);
- 5, 9 – усилители; 11 – синхрогенератор; 13 – селектор синхронимпульсов;
- 12, 14 – блоки развертки; 7 – канал звука

Принцип передачи подвижного изображения заключается в следующем. Сначала ТВ-камерой генерируется сигнал изображения, соответствующий форме и яркости образа. Передаваемое изображение проецируется с помощью объектива на светочувствительный экран передающей трубки. В телевизионной передающей трубке происходит преобразование светового потока в электрические сигналы. В телевидении, как и в факсимильной связи, первичный сигнал формируется методом развертки. После усиления видеосигнал поступает на модулятор передатчика, где сигнал преобразуется к виду, необходимому для передачи. После ряда преобразований (модуляция, усиления) сигнал с выхода передатчика поступает в ЛС. Для перемещения электронного луча по мишени передающей трубки служит блок развертки. В отличие от факсимильной связи в телевидении развертка производится многократно, т.к. требуется передача меняющегося изображения. При такой развертке вся площадь изображения «просматривается» с высокой скоростью по горизонтали (строчная развертка) и несколько медленнее по вертикали (кадровая развертка).

Развертка изображения по горизонтали и вертикали осуществляется схемами развертки и синхронизации. Управление частотой и фазой колебаний, вырабатываемых в блоке развертки, осуществляется импульсами синхронизации, вырабатываемыми синхрогенератором. Импульсы синхронизации поступают

также и в видеосулитель, где происходит их наложение на видеосигнал. Совокупность видеосигнала, импульсов синхронизации и некоторых других импульсов называют *полным телевизионным сигналом*.

Прикладное применение в обеспечении пожарной безопасности телевидение приобрело в качестве систем телевизионного наблюдения. Они позволяют вести наблюдения за пожароопасными технологическими процессами, протекающими без участия человека, за лесными массивами для обнаружения пожара на ранней стадии загорания, на контрольно-пропускных пунктах в подразделениях и т.д. В перспективе системы видеонаблюдения могут быть использованы в оперативной деятельности при определении маршрутов движения специальных транспортных средств в зависимости от интенсивности дорожного движения. Особенно актуальна эта задача в крупных городах, где в час пик движение автомобильного транспорта затруднено.

В настоящее время телевизионная техника широко используется в работе исследовательских пожарных лабораторий (видеокамеры). С помощью средств видеозаписи может осуществляться запись процессов тушения пожаров, сбора вещественных доказательств и т.д. В дальнейшем эти записи могут использоваться в учебных целях для анализа тактики тушения пожаров и изменений оперативной обстановки.

Отдельные сюжеты на пожарную тематику, рекламные ролики с помощью средств телевидения могут использоваться для информирования населения о мерах противопожарной безопасности.

Системы телевизионной связи в настоящее время используются и в административно-управленческой деятельности для решения некоторых служебных вопросов (например, видеоконференцсвязь, презентации техники, сопровождение служебных совещаний и др.).

Выполнение боевых задач пожарными подразделениями связано с опасностью для жизни. Пожарные часто попадают в стрессовые ситуации вследствие внезапно сложившейся обстановки или ограниченного времени для принятия решений и проведения работ. При таких психологических нагрузках и нервном напряжении часто очень трудно принять оптимальное решение. Поэтому передача телевизионных изображений с места работы подразделений в оперативный штаб (центр оперативного управления силами) в наиболее сложных ЧС может явиться фактором повышения эффективности деятельности подразделений, в частности, способствовать снижению ущерба от ЧС, а также уменьшению гибели и травматизма людей при ликвидации ЧС.

2.5. Технологии оптической связи

Нет ничего нового в использовании частот оптического диапазона. Человек использовал световые сигналы для передачи информации задолго до появления техники электрической связи (огни, флаги, дым и др.) [1].

Современная эра оптической связи началась с изобретения лазера в середине XX века. Использование волн оптического диапазона в настоящее время реализовано в системах, которые по сфере применения можно разделить на два класса. Наиболее простые и широко известные системы оптической связи применяются для дистанционного управления техническими системами (телевизионный приемник, музыкальный центр, системы автосигнализации и т.д.). Волны оптического диапазона используются в приборах ночного видения, в системах безопасности (обнаружение проникновения посторонних лиц), и работа этих систем основана на излучении (приеме) инфракрасных волн. Эти системы являются системами локального (местного) действия.

Большой сегмент в использовании волн оптического диапазона занимают СП, в которых оптический сигнал используется для передачи информации на значительные расстояния. В оптической связи могут использоваться закрытые световодные системы или светонаправляющие зеркально-линзовые системы, осуществляющие передачу сигналов по атмосферной ЛС в пределах прямой видимости, т.е. имеют место и проводная, и беспроводная технологии.

Открытые системы, в которых предусматривается передача сигналов по атмосферной оптической линии, значительного практического применения пока не нашли ввиду ряда их недостатков (влияние характеристик атмосферы, сложность наведения антенн, трудность организации вещания на большую территорию и др.).

Для построения (развития) сетей связи операторами связи наиболее часто используются закрытые световодные системы. Новизна и преимущество современных оптических систем закрытого типа заключается в том, что оптический сигнал распространяется по закрытой световодной системе, исключаяющей влияние помех, характерных для открытой оптической ЛС, и обеспечивается высокая информативная емкость КС. Закрытая система оптической связи в основном базируется на использовании кабеля, в котором средней распространения сигнала служит оптическое волокно (оптоволоконный кабель). На основе оптоволоконного кабеля строятся волоконно-оптические линии связи (ВОЛС).

Обобщенная структура системы оптической связи идентична СП других типов. Она включает в себя следующие основные компоненты: передатчик оптического сигнала, среду передачи, фотоприемник. В качестве излучателя светового потока применяются светодиоды и лазеры. Использование светодиодов в оптических СП несколько упрощает и удешевляет в целом систему, однако не позволяет реализовать достаточные скорости передачи. В ряде источников имеются описания реализации и больших скоростей, но пока человечество не имеет необходимости использовать такие системы ввиду отсутствия требуемого количества одновременно передаваемой информации.

Технологии оптической связи предусматривают использование в качестве оконечной аппаратуры волоконно-оптической СП цифровые системы. Это объясняется существенными преимуществами цифровых систем по сравнению с аналоговыми. Тем не менее возможно применение аналоговых волоконно-

оптических систем передачи в ряде областей (кабельное телевидение, телеметрия, системы оперативной и служебной связи).

Современной промышленностью изготавливаются кабели емкостью до 288 волокон. Существует несколько модификаций оптического кабеля, которые отличаются назначением и соответствующей конструкцией (рис. 2.22). В зависимости от этого оптические кабели прокладываются непосредственно в грунт или по воздуху как высоковольтные линии электропередач (тяжелые кабели), а также в защитных полиэтиленовых трубах (легкие кабели). Тяжелые кабели в отличие от легких имеют бронезащиту.

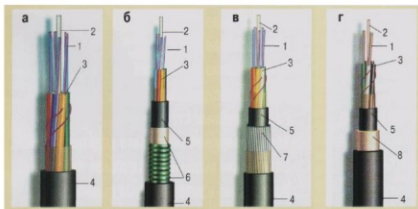


Рис. 2.22. Конструктивное исполнение оптических кабелей связи:

- а)* для прокладки в кабельной канализации, *б)* для прокладки в легкий грунт, *в)* для прокладки в тяжелый грунт, *г)* для подвески на опорах линий связи, ЛЭП и т.д.
 1 – оптические волокна, 2 – центральный силовой элемент (стеклопластик или стальная проволока), 3 – оптические модули, 4 – наружная полиэтиленовая оболочка, 5 – внутренняя полиэтиленовая оболочка, 6 – водоблокирующая и стальная гофрированная лента, 7 – стальные оцинкованные проволоки, 8 – арамидные нити

Данный тип кабеля невосприимчив к электромагнитным излучениям. Кабель обладает высокой стойкостью к механическим воздействиям (элементы 2, 7, 8), обеспечен гидрозащитой (4, 6), защитой от грызунов (6, 7). В ВОЛС обеспечивается низкое затухание и малая величина искажений сигнала, что позволяет строить ЛС протяженностью несколько десятков километров без устройств ретрансляции сигнала. Но было бы наивно считать, что данный вид кабеля не вносит помехи в КС. Несмотря на довольно высокие технологии производства кабеля помехи вносятся за счет обратных отражений световых пучков на изгибах и сопряжениях волокон. Недостатком применения такого кабеля является относительная сложность сопряжения проводников между собой и относительная дороговизна производства и эксплуатации кабеля, что повышает

стоимость сетей в целом. Поэтому применение такого кабеля эффективно для построения линий с большими информационными потоками.

В перспективе в условиях нарастающего информационного обмена системы оптической связи со световодными кабельными линиями по своим информационно-пропускным возможностям и стоимости на единицу информации могут стать основным видом магистральной и внутригородской связи.

2.6. Системы громкоговорящей связи

Когда заходит речь о последних технологиях в области связи, всем сразу приходят в голову оптоволоконные линии, цифровые телефонные станции, мультимедиа, компьютерные сети и прочие достижения прогресса [1]. Между тем как-то забывается, что древнейший способ обмена информацией - звук остается актуальным и по сей день. Всего каких-нибудь 100 лет назад оратор, обращаясь к собранию, мог рассчитывать исключительно на силу своих легких и прочность голосовых связок, а оповещение о пожаре осуществлялось главным образом с помощью колокольного звона. Изобретение устройств, позволяющих трансформировать акустическую энергию в электрическую и наоборот, то есть микрофонов и динамиков, в корне изменило ситуацию и привело к появлению систем звукоусиления.

Результаты исследований показывают, что работоспособность и производительность труда и даже самочувствие сотрудников, подвергающихся воздействию качественной и некачественной системы звукоусиления, отличаются в несколько раз. Гнусавая и неразборчивая речь, примесь шума, неразличимость голосов вызывают отвлечение от работы, естественное раздражение и элементарную психологическую и в какой-то степени физическую усталость.

Что же касается систем оповещения, то здесь ясность и четкость воспроизведения имеют еще большее значение, поскольку от того, как быстро и точно сообщение дойдет до адресата, во многом зависят действия человека в экстремальных ситуациях, когда речь идет о жизни и смерти.

Если говорить в общем, средства звукоусиления (громкоговорящей связи (ГГС)) применяются в тех случаях, когда сила звука естественного голоса становится недостаточной для передачи речевой информации из-за большой удаленности слушателей или сильного шумового эффекта (акустических помех), т.е. предназначены для усиления речи. Эффективно применение средств усиления речи при необходимости одновременной передачи коротких сообщений большому количеству людей. Своевременное и грамотное применение средств усиления речи позволяет повысить эффективность решения задач при ликвидации ЧС и их последствий.

Наиболее типичное применение стационарных средств усиления речи – организация громкоговорящей связи в помещениях (залах). Их устанавливают для оповещения людей по сигналам «Тревога» и сигналам гражданской обороны. Стационарные установки громкоговорящей связи могут применяться для звукофикации участков местности при ликвидации ЧС и их последствий. Ста-

ционарные системы усиления речи широко используются при организации административно-управленческой связи в различных организациях, в том числе и подразделениях МЧС. Широкое применение стационарные средства ГТС приобрели при селекторных совещаниях (конференц-связь), т.к. позволяют участвовать в обмене сообщениями значительному количеству лиц.

Подавляющая часть разрабатываемых и используемых возимых средств усиления речи предназначены для обеспечения приоритетного проезда специальных транспортных средств, а также передачи информации в условиях уличных шумов.

В табл. 2.3 приведены некоторые технические характеристики двух отечественных установок, принятых на вооружении в специальных службах в т.ч. и пожарно-спасательных подразделениях: сигнальной громкоговорящей установки СГУ-60 и сигнальной громкоговорящей системы СГС-100. Следует иметь в виду, что зона действия громкоговорящей связи (расстояние слышимости), осуществляемой с помощью возимых средств ГТС, зависит от выходной мощности установки громкоговорящей связи и уровня шума в месте применения этих средств связи. Расстояние слышимости является тактическим параметром и оценивается по вектору направления рупорного громкоговорителя (в реальности достаточная разборчивость обеспечивается на расстоянии не более 200-250 метров в условиях дорожного движения).

Таблица 2.3

Основные характеристики возимых систем усиления речи

Наименование характеристик		СГУ-60	СГС-100
Выходная мощность,	Вт	60	не менее 80
Диапазон рабочих частот,	кГц	0,3 – 3,5	0,3 – 4,0
Напряжение питания,	В	12	12

Носимые средства усиления речи (рис. 2.23) предназначены для кратковременной направленной передачи речи (приказаний, команд и т.д.) на открытом пространстве и в больших закрытых помещениях. Современные электромегафоны обеспечивают не менее 90 % фразовой разборчивости и сохраняют работоспособность при температуре окружающего воздуха от -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$.



Рис. 2.23. Электромегафон ЭМ-12

Некоторые модификации обеспечивают подачу тонального сигнала «Сирена».

Функционально электромегафоны имеют микрофон, усилительное устройство и рупорный громкоговоритель. Конструктивно усилительное устройство и рупорный громкоговоритель объединены, а в корпусе предусматривается отсек для размещения элементов питания. Для удобства пользования электромегафоны имеют выносной микрофон с длиной шнура 1-1,5 м. Использование рупорного громкоговорителя с относительно небольшой диаграммой направленности ($45-60^{\circ}$) позволяет передавать сообщения на расстояние до 100 метров в условиях пожара.

В табл. 2.4 приведены технические характеристики некоторых видов электромегафонов.

Таблица 2.4

Типовые характеристики электромегафонов

Наименование характеристик		ЭМ - 2	ЭМ - 12	ЭМ - 15
Выходная мощность,	Вт	2	12	15
Диапазон рабочих частот,	кГц	0,3 – 3,0	0,3 – 3,5	0,3 – 3,5
Напряжение питания,	В	12	18	12
Масса без элементов питания,	кг	2,8	2,3	1,9
Длительность работы с одним комплектом элементов питания, ч		1,5	≥ 10	≥ 10

На практике при определенных условиях возможно возникновение обратной звуковой связи, что выражается воспроизведением фона тональной частоты, заглушающим и искажающим передаваемую речь (*реверберация*). Поэтому при передаче сообщений с помощью электромегафонов для лучшей разборчивости микрофон должен находиться сбоку рта говорящего на расстоянии 2-5 см, а рупор направлен в стороны передачи так, чтобы вблизи не было поверхностей, отражающих звук.

2.7. Специальные средства и системы фиксированной связи

2.7.1. Средства проводной диспетчерской связи

Диспетчерская связь по объему выполняемых задач занимает ведущее место среди других функциональных видов связи, организуемых в системе пожарной безопасности [1]. Диспетчерская связь позволяет установить избирательную или циркулярную связь между старшим лицом (диспетчером или дежурным) и исполнителями. Циркулярная связь – это многоадресная связь, при которой сообщение, передаваемое из одного пункта, поступает одновременно на несколько других пунктов (в современном виде это конференц-связь). Для повышения оперативности со стороны диспетчера должно быть предусмотрено подключение входящих телефонных линий к оконечным устройствам громкоговорящей связи и автоматизированное управление соединениями.

К средствам проводной диспетчерской связи относятся *коммутаторы, пульты и станции оперативной связи*, которые устанавливаются в пунктах связи подразделений и предназначены для организации телефонной связи внутри подразделений, а также телефонной связи с другими подразделениями, службами, учреждениями и организациями по линиям ГТС. Основной технической характеристикой средств оперативной проводной диспетчерской связи является емкость станций (максимально возможное количество подключаемых линий).

В некоторых подразделениях в качестве средств проводной диспетчерской связи еще служат станции оперативной связи (ПОС - 90, СОС - 30М, СПС - 10/20), которые имеют схожий состав оборудования и приблизительно одинаковый набор функций.

2.7.2. Назначение, состав и общее устройство пульта оперативной связи малой ёмкости НАБАТ

Пульт оперативной связи малой ёмкости (ПОСм) НАБАТ разработан ООО ЛОТОС ТМ по техническому заданию ГУ ГПС МВД России.

ПОСм НАБАТ обеспечивает телефонную и громкоговорящую связь в автоматическом и полуавтоматическом режимах коммуникации, запись переговоров оператора, сбор и оповещение личного состава. ПОСм НАБАТ предназначен на замену систем типа СОС, ПОС, СПС, АТОС, Каскад, Псков и т.п. и применяется в качестве диспетчерской, директорской, селекторной связи. Широко используется для организации служебной связи в федеральных и местных органах самоуправления.

Функциональные возможности ПОСм НАБАТ:

- дуплексная телефонная связь с абонентами;
- подключение телефонных аппаратов ЦБ и МБ;
- обслуживание поступающих вызовов в произвольном порядке;
- одновременная работа нескольких операторов;
- забота с фиксированными или гибкими группами;
- вызов группы одной клавишей;
- циркулярная связь с внутренними абонентами;
- конференц-связь с внутренними и внешними абонентами;
- организация транзитных соединений;
- полное отображение состояние (свободен, занят, вызывает, на удержании);
- возможность подключения факсов и модемов;
- индивидуальная записная книжка для каждого пульта;
- уведомление или включение оператора в установленное соединение;
- индикация на дисплее текущей даты и времени;
- функция мини-АТС для части или всех абонентов;
- подключение каналов ТЧ;
- определение номера внешнего вызова и отображение его на индикаторе у оператора;
- работа по линиям, имеющим повышенное сопротивление шлейфа;
- запись переговоров оператора;
- последовательный поиск записи;
- сбор и оповещение личного состава по телефону;
- подключение резервного питания;
- организация единой абонентской сети.

Комплекс может применяться как пульты руководителя и секретаря; диспетчерские пульты; рабочие места оперативного дежурного и помощников. В табл. 2.5 приведены основные технические данные ПОСм НАБАТ.

Таблица 2.5

Основные технические данные

Параметр	Типовое значение	Максимальное значение
Количество пультов оператора	1 / 2	16
Количество внешних линий	0/4/8	64
Количество внутренних абонентов	12-32	192
Максимальное количество групп одно-временно	8	8
Максимальное количество абонентов для циркулярного сообщения	Все абоненты	Все абоненты
Максимальное количество абонентов для конференц-связи	По заказу	Все абоненты
Максимальное количество абонентов, использующих режим мини-АТС	По заказу	Все абоненты
Время записи переговоров	До 4 час, циклически	До 4 час, циклически
Тип коммуникационного поля	Полнодоступное цифровое	Полнодоступное цифровое
Сопrotивление шлейфа внутренней линии	До 2000 Ом	До 5000 Ом
Удаление пульта от штатива	100 м	До 4 км
Количество номеров в записной книжке каждого пульта	16 по 16 цифр	16 по 16 цифр
Основное питание	220 В, 50 Гц	220 В, 50 Гц
Резервное питание	24/48/60 В, постоянное	24/48/60 В, постоянное
Габаритные размеры	640x380x220 мм	640x520x450 мм

2.7.3. Назначение, состав и функциональные возможности пульта оперативной связи КОДС-432

Пульт оперативной связи КОДС-432 конструктивно выполнен в виде многофункционального телефонного аппарата с громкой связью, в котором встроена мини-АТС. Количество внешних линий - до 4-х, внутренних линий - до 32.

Пульт оперативной связи КОДС-432 предназначен для создания локальной телефонной сети и сети охраны в небольших офисах и учреждениях.

Основные функции пульта оперативной связи:

- вызов внутренних абонентов одним нажатием клавиши;
- световая индикация состояния внутренних абонентов;
- управление внешними линиями одним нажатием клавиши, световая индикация состояния внешних линий;

- приём звонков одновременно со всех внешних линий с использованием режима удержания для внешних абонентов;
- автоматическое включение громкой связи при выходе на внешние линии и вызове внутренних абонентов;
- автоматический повтор последнего набранного номера;
- временное отключение микрофона;
- возможность подключения к пульту параллельного аппарата;
- перевод вызова на параллельный телефон;
- память на 12 телефонных номеров быстрого набора;
- режим «срочный вызов» любого из внутренних абонентов или их группы;
- режим «секретарь», при котором все внутренние или внешние звонки поступают на пульт, а затем переадресовываются на другие внутренние аппараты;
- мелодия для внешних абонентов, находящихся на удержании во время переадресации;
- конференц-связь между внутренними абонентами (до 16 человек), с уведомлением о включении и выключении абонентов, с подключением в конференц-связь внешних абонентов;
- специальная звуковая индикация при ошибочных действиях пользователя;
- работа с городскими АТС любых типов (координатные, декадно-шаговые, учрежденческого типа КВАНТ и т. д.);
- программирование непосредственно на месте установки;
- возможность оперативного изменения конфигурации;
- сохранение конфигурации при длительном выключении сетевого напряжения;
- основные функции встроенной мини-АТС;
- распределение входящих звонков по любой схеме: на все телефоны, на пульт, на группу телефонов одновременно или по очереди;
- автоматический перевод входящего вызова на другой аппарат в случае, если абонент не поднимает трубку в течение программируемого промежутка времени;
- автоматический или программируемый выход внутренних телефонов на внешние линии;
- программируемый запрет выхода на внешние линии для внутренних абонентов;
- звуковое уведомление для разговаривающих по внутренней связи в момент вызова их со стороны пульта;
- режим «не беспокоить», позволяющий отключить любой внутренний телефон от городских звонков, при этом возможно поступление внутренних звонков и переадресации;
- режим «следуй за мной» - перенаправление всех звонков при переходе с телефона на телефон;

- встроенный усилитель сигнала внешних линий, обеспечивающий улучшенную слышимость и уверенное прохождение факсимильных сообщений.

2.7.4. Назначение и функциональные возможности цифровой станции оперативной связи ЦСОС-2000

Цифровая станция оперативной связи ЦСОС-2000 обеспечивает приём и обработку информации, поступающей по линиям экстренных служб и абонентским линиям телефонной сети общего пользования (ТФОП), установление соединений оператора ПОС (пульта оперативной связи) и собственных абонентов ЦСОС-2000 между собой, с абонентами АТС, а также с операторами существующих станций оперативной связи в автоматическом и полуавтоматическом режимах. Станция отвечает основным положениям общегосударственной сети связи России, кроме того, все внутренние и внешние интерфейсы стандартизованы в соответствии с рекомендациями Международного Союза Электросвязи.

В состав ЦСОС-2000 с пультами дежурного входят:

- базовый блок, имеющий следующую конфигурацию: центральный процессор; модуль коммутации, четыре модуля по 16 абонентских линий, модуль на 16 внешних (городских) линий, модуль на 2 цифровых такта; блоки расширения;
- пульты оперативной связи, имеющие следующую конфигурацию: рабочее место дежурного в виде удобного стола, отвечающего современному дизайну; дисплей с сенсорным экраном, акустической системой и микрофоном; системный блок.

В табл. 2.6 приведены некоторые сравнительные характеристики станций диспетчерской проводной связи.

Таблица 2.6

Технические характеристики станций проводной диспетчерской связи

Параметры	ПОС – 90	СОС – 30М	СПС–10/20
Количество пультов диспетчера (ПУ)	2	1	3
Количество рабочих мест на пульте	1	2	2
Количество прямых линий с абонентами	90	30	20
Количество соединительных линий с АТС	20	10	14
Максимальная потребляемая мощность, кВт	1	0,5	0,8

2.7.5. Полевые средства телефонной связи

Полевые средства телефонной связи предназначены для организации телефонной связи при отсутствии или неработоспособности стационарной телефонной сети, например, на месте ликвидации ЧС и их последствий. Полевые средства телефонной связи обеспечивают надежную и устойчивую связь и наиболее эффективны в условиях большого скопления радиостанций на ограниченной территории и, как следствие, сильной занятости эфира [1]. К месту

чрезвычайной ситуации полевые средства телефонной связи доставляются специальными автомобилями (например, автомобилем связи и освещения), в комплект которых включены вышеперечисленные средства связи.

К полевым средствам телефонной связи относятся полевые коммутаторы П-193М (П-193М2) и полевые телефонные аппараты ТА-57 (полевые телефоны). Наличие полевого коммутатора в совокупности с необходимым количеством полевых телефонов позволяет в короткие сроки построить автономную телефонную сеть практически в любом месте, что определяет эффективность использования данных средств связи.

При организации телефонной сети с помощью полевых средств телефонной связи ТА-57 подключаются к коммутатору П-193М1 (П-193М2) полевым двухжильным кабелем П-274 с медными и стальными проводниками (или любым другим двухжильным проводом или кабелем), обеспечивающим необходимые электрические и механические характеристики (проводимость, прочность и т.д.). Соединение и разъединение абонентов является ручным и осуществляется оператором с помощью коммутатора.

Коммутатор позволяет производить соединение абонентов при помощи шнуровых пар (П-193М1) или кнопок (П-193М2), причем одновременно до пяти пар. Полевой коммутатор П-193М2, в отличие от коммутатора П-193М1, кроме того, обеспечивает соединение через оператора коммутатора абонентов собственной сети с абонентами городской телефонной сети по двум выделенным линиям. Для этого коммутатор П-193М2 имеет дисковый номеронабиратель. Индивидуальная емкость обоих коммутаторов рассчитана на подключение 10 абонентских линий.

При необходимости телефонные аппараты ТА-57 могут работать между собой, минуя коммутатор. Но в этом случае соединение устанавливается непосредственно между аппаратами. Эффективность сети снижается (за исключением варианта соединения только двух ТА), т.к. вызовы будут поступать на все соединенные ТА, что обязательно приведет к временному отвлечению от выполняемой работы других абонентов такой сети. К тому же значительно повышается расход кабеля на построение такой сети.

Полевой телефон ТА-57 – переносной телефонный аппарат универсальной системы МБ-ЦБ, обеспечивающий связь в любых климатических зонах, от Заполярья до тропиков. ТА-57 может также использоваться как устройство дистанционного управления радиостанциями. ТА-57 перекрывает затухание 48 дБ, что гарантирует надежную связь:

- по полевым кабельным линиям П-274 не менее 40 км;
- по воздушным линиям с диаметром проводов 3 мм не менее 200 км.

Схема аппарата имеет защиту от грозовых разрядов вблизи линий и поддерживает напряжение переменного тока до 900 В при случайном касании линии с проводами электросети. Масса аппарата не более 3 кг.

Питание ТА-57 и коммутаторов осуществляется от собственных источников питания напряжением 10-11 В от батареи типа ГБ-Ю-У-1.3, вызывной сигнал вырабатывается ручным генератором переменного тока (индуктором). Частота вызывного сигнала составляет 15-25 Гц, напряжение до 150 В. Приемником вызова служит электромеханический звонок. Аппарат обеспечивает связь в условиях температуры окружающего воздуха от минус 50 °С до плюс 50 °С и относительной влажности воздуха до 98 %. Для экономии ресурса батареи питания на микротелефонных трубках ТА-57 и коммутаторов предусмотрена тангента, предназначенная для подачи питания на микрофон во время передачи сообщения.

2.7.6. Специальные переговорные устройства

Переговорные устройства, находящиеся на вооружении пожарно-спасательных подразделений, предназначены для организации прямой двухсторонней связи между постовым поста безопасности ГДЗС и командирами звеньев ГДЗС (абонентами оконечных устройств), ведущими разведку в непригодной для дыхания среде с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания [1].

Наиболее эффективно применение переговорных устройств при работе в зданиях и сооружениях подвального или полуподвального типа, а также при проведении подземных, горноспасательных операций, когда применение средств радиосвязи ограничено в связи с неблагоприятными физическими условиями распространения радиоволн.

К переговорным устройствам такого назначения относятся сигнально-переговорное устройство СПУ-3К и специальное переговорное устройство СПУ-3А (рис. 2.24).

Состав СПУ-3А:

- пульт оператора - 1 шт;
- оконечное устройство - 3 шт;
- гарнитура абонента - 4 шт;
- вкладыши - 15 шт;
- чемодан для укладки - 1 шт.

СПУ-3А обеспечивает:

- двухстороннюю связь оператора с любым из 3-х абонентов;
- циркулярную передачу информации всем абонентам;



Рис. 2.24. Специальное переговорное устройство СПУ-3А:

- 1 – пульт управления (ПУ),
2 – оконечное устройство (ОУ),
3 – гарнитура

- возможность прослушивания переговоров оператора с абонентами через встроенный громкоговоритель пульта;
- возможность подключения внешней громкоговорящей установки;
- ступенчатую регулировку громкости на пульте;
- работу от встроенных источников питания;
- возможность питания пульта от внешнего источника напряжением до 14 В;
- выдачу тонального и светового сигналов на пульт при вызове оператора абонентом;
- выдачу тонального и светового сигналов на пульт при обрыве или коротком замыкании линии на оконечном устройстве «тон»;
- выдачу на телефон гарнитуры оконечного устройства прерывистого тонального сигнала о том, что на катушке заканчивается провод;
- ведение переговоров оператора с абонентом на расстоянии до 465 м при последовательном соединении оконечных устройств (рис. 2.25, а);
- установление через оператора двухсторонней связи между любыми двумя абонентами;
- световую индикацию разряда источника питания.

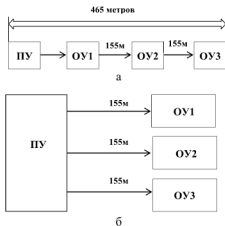


Рис. 2.25. Соединение оконечных устройств в СПУ-3А:
а) последовательное б) параллельное

Подготовка СПУ-3А к работе

СПУ-3А является переносным приемо-передающим устройством, позволяющим при сматывании провода с катушки оконечного устройства осуществ-

лять двухстороннюю связь на расстоянии до 155 м при параллельном соединении оконечных устройств (рис. 2.25, б).

Конструкция пульта СПУ-3А предусматривает подключение линий к разъемам, расположенным на передней стенке. На задней стенке размещен отсек питания. На верхней панели находятся: переключатели разновидностей работ, вида питания и громкости, светодиоды сигнализации состояния линий связи, кнопка и светодиод контроля питания, тумблер включения громкоговорителя и кнопка выключения громкоговорителя. На боковой стенке находятся разъемы для подключения гарнитуры оператора, внешнего источника питания и внешней громкоговорящей установки.

Оконечное устройство содержит катушку с полевым проводом П-214М и разъемом на свободном конце для подключения к пульта, отсек питания, разъем для подключения гарнитуры, кнопки контроля питания и вызова, светодиод контроля разряда элементов питания, тумблер включения питания.

СПУ-3А работает следующим образом:

1. Переключатели Л1, Л2, Л3 пульта, установленные в положение «работа» производят подключение соответствующих абонентских линий к усилителю пульта.

2. При установке переключателей в положение «Деж» происходит отключение линий от усилителя пульта.

3. Вызов оператора абонентом осуществляется нажатием кнопки «Вызов» на оконечном устройстве. При этом на пульте высвечивается индикатор и прослушивается тональный сигнал.

4. При сматывании провода с катушки оконечного устройства за 5-30 м до окончания провода происходит замыкание контактов СПУ-3А, при этом в телефоне оконечного устройства прослушивается прерывистый сигнал.

5. При помощи переключателя «Громкость пульта» устанавливается необходимый уровень громкости.

6. При установке одновременно нескольких переключателей «Линия» в положении «Работа» осуществляется связь оператора с абонентами этих линий и между абонентами.

7. При установке СПУ-3А переключатель «Питание» пульта в положение «Внеш» напряжение питания на схему пульта подается от внешнего источника питания 9-14 В по кабелю, подключенному к разъему «Внешн. пит».

8. При последовательном соединении оконечных устройств (для увеличения дальности связи) на промежуточных оконечных устройствах отключается напряжение питания, на пульте свободные линии отключаются.

Порядок подготовки СПУ-3А к работе

1. Извлечь из чемодана составные части СПУ-3А.

2. Установить СПУ-3А громкость в крайнее правое положение, остальные переключатели в положение «ОТКЛ».

3. Установить, соблюдая полярность, элементы питания. При питании пульта от внешнего источника, последний подключить к разъему «Внешнее питание» с помощью кабеля.

4. Соединить составные части.

5. На пульте переключатели Л1, Л2, Л3 установить в положение «Деж», переключатель «Питание» в положение «Вкл».

6. Нажать кнопку «Контроль питания», при этом светится контрольный светодиод.

7. Установить тумблер «Питание» на оконечных устройствах в положение «Вкл», проверить питание.

8. Надеть гарнитуру.

9. Нажать кнопку «Вызов» с первого оконечного устройства. На пульте должен светиться светодиод Л1, а в телефонах пульта и ОУ должен прослушиваться тональный сигнал.

10. Проверить работу от внешнего источника питания.

11. Установить органы управления в положение «Откл», отсоединить составные части СПУ-ЗА и уложить в чемодан.

12. Разместить чемодан в автомобиле ГДЗС.

Порядок работы СПУ-ЗА

1. Вызов абонента оператором производится голосом при установке соответствующего переключателя «Линия» в положение «Работа». По окончании связи СПУ-ЗА переключатель «Линия» перевести в положение «Деж».

2. Для установления циркулярной связи между оператором и абонентами СПУ-ЗА переключатели Л1, Л2, Л3 установить в положение «Работа».

3. Для прослушивания информации от абонентов установить тумблер «Громкоговоритель» в положение «Вкл». При этом передача от оператора не производится. Для передачи нажать кнопку «Откл» громкоговорителя.

Для установки связи между двумя абонентами без участия оператора перевести СПУ-ЗА этих линий в положение «Деж». При этом оператор может проводить обмен сообщениями с третьим абонентом.

Конструкция пульта оператора предусматривает подключение: трех абонентских линий - от оконечных устройств; питающего кабеля - от внешнего источника питания; выносного динамика. Элементы питания размещают в специальном отсеке. На лицевой панели пульта расположены органы коммутации, сигнализации и управления.

Оконечное устройство (ОКУ) представляет собой катушку с полевым кабелем П-274М и отсеками для размещения элементов электрической схемы и элементов питания. Для автономного питания используются гальванические элементы типа 3R12 (СПУ-ЗК) и типа R14 (СПУ-ЗА). Оконечное устройство имеет рукоятку для наматывания кабеля на барабан. Для транспортировки на блоках (пульт и ОКУ) предусмотрены ремни и ручки.

Гарнитура состоит из одного головного телефона, устанавливаемого на ухе оператора, и ларингофона, крепящегося на гортани. Конструкция гарниту-

ры предусматривает звуковой контроль пользователем окружающей обстановки. Для обеспечения безопасности пользователя головной телефон имеет подушку безопасности, непосредственно прижимаемую к уху абонента. Гарнитура подключается к пульта и ОКУ через стандартный разъем.

Переговорные устройства имеют систему сигнализации, которая позволяет осуществлять контроль исправности абонентских линий, а также работоспособность источников питания (СПУ-3А). Для контроля исправности своего передающего устройства каждым абонентом и оператором пульта в переговорных устройствах сохранено явления местного эффекта.

Расстояние удаления звена ГДЗС от поста безопасности определяется длиной абонентской линии. При необходимости звено ГДЗС может работать и на большем расстоянии, при этом оконечные устройства подключаются последовательно. В качестве ЛС используется полевой кабель типа П-274 с медно-стальными жилами.

Сравнительная характеристика функциональных возможностей и технических характеристик устройств СПУ-3А и СПУ-3К представлена в табл. 2.7, 2.8 [1].

Таблица 2.7

Типовые характеристики специальных переговорных устройств

Технические характеристики	СПУ-3А	СПУ-3К
1. Длина абонентской линии, м	Около 155	Около 170
2. Номинальное напряжение, В, пульта оконечного устройства	9 4,5	9 4,5
3. Разборчивость сообщений, % не менее	90	90
4. Полоса рабочих частот, кГц	0,3 – 3,4	0,3 – 3,4
5. Масса, кг, пульта оконечного устройства	не более 3 не более 5,5	не более 2,5 не более 5,5
6. Порог срабатывания индикатора разряда элементов питания, В, пульта оконечного устройства	6 3	- -

Таблица 2.8

Сравнительная характеристика функциональных возможностей СПУ

Функциональные возможности	СПУ-3А	СПУ-3К
• Двухсторонняя телефонная связь оператора с любым из трех абонентов	+	+
• Циркулярная передача сообщений и соединение абонентов через оператора	+	-
• Прослушивание оператором поста безопасности разговоров через встроенный громкоговоритель	+	+

• Подключение внешнего громкоговорителя • Работа от внешнего источника питания • Ступенчатая регулировка уровня выходного сигнала (громкости) • Выдача на пульт сигнала при обрыве, коротком замыкании абонентской линии и вызове оператора абонентом • Выдача на головной телефон гарнитуры оконечного устройства тонального сигнала при обрыве, коротком замыкании и окончании абонентской линии • Световая индикация разряда источников питания • Последовательное соединение оконечных устройств с увеличением протяженности линии в 2 или 3 раза	+ + 5 ступеней - тональный и световой + + +	- - 2 ступени - тональный - - +
---	---	---

Примечание: (+) – такая возможность имеется; (–) – функция отсутствует.

2.7.7. Системы оповещения и управления эвакуацией

Основными причинами массовой гибели людей при пожарах, стихийных бедствиях и в других ЧС являются: неожиданность события, ненадлежащая техническая оснащенность зданий и сооружений средствами обнаружения источника опасности, средствами оповещения и эвакуации, низкая подготовленность персонала к действиям в условиях ЧС. Мировой опыт показывает, что наибольшие людские и материальные потери происходят в местах скопления посетителей (торговых центрах, школах, больницах, гостиницах, дискотеках и т.д.) [1].

Система оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ), основное назначение которой – своевременная передача людям информации о возникновении пожара или другой чрезвычайной ситуации, практическая реализация плана эвакуации людей с объекта с тем, чтобы сохранить их жизнь и здоровье, является одной из важнейших систем безопасности на любом объекте.

В процессе проектирования СОУЭ необходимо решить следующие организационно-технические задачи:

- определить тип СОУЭ и выбрать структуру системы;
- определить состав реализуемых функций;
- обосновать выбор технических средств и их согласование;
- определить зоны оповещения и необходимую мощность оповещателей;
- рассчитать емкости АКБ резервных источников питания;
- рассчитать параметры ЛС с учетом распределенной нагрузки и т.п.

Прежде всего, при определении типа СОУЭ и выборе оборудования для ее проектирования необходимо руководствоваться нормативными документами. В первую очередь, это НПБ 77-98, устанавливающие общие технические требования к техническим средствам оповещения и управления эвакуацией, и НПБ 104-03, устанавливающие требования пожарной безопасности к системам оповещения и управления эвакуацией, а также типы СОУЭ с определением перечня зданий, подлежащих оснащению такими системами.

В зависимости от функциональных характеристик СОУЭ разделяются на 5 (пять) типов. Информация о возникновении пожара или другой ЧС и необходимости эвакуации может передаваться в виде звуковых и световых сигналов (СОУЭ 1-го и 2-го типов), речевых инструкций и световых статических сигналов (СОУЭ 3-го, 4-го и 5-го типов). В ряде случаев СОУЭ должна не только передавать сигналы оповещения, но и управлять динамическими эвакуационными знаками безопасности и освещением, разблокировать эвакуационные выходы и выполнять т.п. функции.

Основной трудностью при проектировании систем оповещения является правильный подбор количества, мощности включения и оптимальное расположение оповещателей в помещениях. Места установки оповещателей должны выбираться не из расчета удобства монтажа или дизайнерских соображений, а из расчета достижения максимальной слышимости и разборчивости передаваемой информации. Наиболее воспринимаемый человеческим ухом частотный диапазон речи находится в пределах от 300 Гц до 4 кГц. Любое расширение этого диапазона, особенно в области низких частот, реально ухудшает разборчивость передаваемой информации.

В заключение стоит напомнить, что оповещение и эвакуация людей при ЧС в большинстве случаев эффективна при автоматизации процесса. При этом необоснованное увеличение количества зон оповещения приводит к усложнению алгоритма эвакуации людей при пожаре, значительно увеличивает затраты на построение такой многозонной системы, и при этом эвакуация вряд ли будет высокоэффективной даже при полностью автоматизированном процессе управления. От правильного выбора и конфигурирования оборудования, отвечающего за безопасность, зависят жизнь и здоровье людей.

2.7.8. Современные системы проводной диспетчерской связи

В настоящее время перед многими подразделениями пожарно-спасательного профиля стоит задача замены морально устаревшего и выработавшего свой ресурс коммутационного оборудования: учреждений станций, пультов диспетчеров и аналогичных средств. Более 70 % всех контактов диспетчера с абонентами осуществляется по телефону, поэтому построение современной системы телефонной связи (особенно на центральных пунктах связи) становится все более актуальной проблемой в связи с расширением функциональных задач диспетчерского персонала [1].

С развитием систем телекоммуникаций такая замена стала возможной и экономически выгодной. Можно выделить ряд преимуществ современных систем проводной диспетчерской связи:

- возможность замены нескольких устройств (внутренней связи, громкоговорящей связи и др.) на одну систему;
- легкая интеграция периферийных дополнительных устройств или систем (телефонное оборудование, системы радиосвязи с выходом в каналы теле-

фонной связи, системы записи аудиоинформации, ПК, системы видеонаблюдения и сигнализации, системы доступа и др.);

- разнообразие выполняемых функций (связь по городским каналам АТС с установкой приоритетов, скоростной набор телефонных номеров из памяти, функция автоответчика, определение номера с его индикацией, повторный набор номера, переадресация вызова, тарификация с распечаткой всех телефонных переговоров и т.д.);

- возможность подключения к существующим в России аналоговым линиям связи, а также к цифровым ЛС типа Isdn;

- надежность работы и качество связи на протяжении всего срока службы;

- модульность, т.е. способность к наращиванию основной системы;

- оптимизация использования подключаемых линий.

Большинство современных систем телефонной связи, применяемых при организации диспетчерской связи, конструктивно имеет возможность подключения телефонных гарнитур, позволяет более качественно организовать работу диспетчера с информацией, передаваемой по телефонным линиям. Телефонные гарнитурные дают возможность освободить руки оператора для ведения другой работы (работа на ПК, поиск документа и т.д.) одновременно с разговором, а также уменьшить общий уровень шума в помещении.

Еще одним существенным признаком современных систем диспетчерской связи является наличие разговорных устройств (микротелефонная трубка) в единичном исполнении. Это вызвано необходимостью индивидуальной работы (организации рабочего места) диспетчера. В станциях типа СОС-30М работа двух диспетчеров за одним пультом неудобна из-за небольшого территориального пространства. Если рассматривать наличие второго рабочего места как фактор резервирования, то при работе на пунктах связи двух и более диспетчеров такое резервирование становится организационно не обоснованным.

Многие оконечные (системные) устройства систем диспетчерской связи имеют жидкокристаллический экран. В самом простом исполнении ЖК-экран предназначен для отображения определившегося номера абонента и текущей даты и времени. Наличие встроенных жидкокристаллических экранов современных систем, используемых для реализации диспетчерских функций, позволяет диспетчеру следить за работой всей системы, а также достаточно просто ориентироваться во всем наборе предоставляемых системой возможностей (функций).

Использование проводных систем диспетчерской связи возможно в нескольких вариантах, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому выбор конечного варианта построения системы проводной диспетчерской связи может быть различен в каждом конкретном случае.

Наиболее простым вариантом замены устаревшего оборудования является установка на пункте связи аналогичного устройства, но имеющего современную элементную базу. Это дает выигрыш в затратах на модернизацию (фи-

насовых и временных), повышение надежности и улучшение эргономического фактора. Основной недостаток – существенно не меняются возможности диспетчерской системы и не повышается эффективность использования ЛС.

Вторым вариантом построения телефонной системы являются офисные гибридные телефонные системы (рис. 2.26). В качестве базовых станций таких систем могут выступать современные электронные мини-АТС, рынок которых в настоящее время очень разнообразен, например, системы HICOM, CORAL, TELRAD, Panasonic, Мини Ком и многие другие. Основной построения системы проводной диспетчерской связи в таких случаях является интеграция диспетчерского оборудования в учрежденческую телефонную сеть. В этом случае диспетчер может иметь доступ ко всем возможностям соответствующей телекоммуникационной системы. Пульт диспетчера может быть в виде системного телефона, подключенного к системному блоку (АТС).

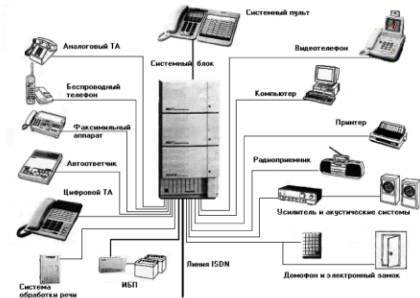


Рис. 2.26. Гибридная система офисной проводной связи

В данном варианте (в отличие от первого) имеет место расширение возможностей диспетчерского персонала (ограничены по существу только возможностями системы) и в значительно расширенном наборе функций (возможность подключения дополнительных устройств). В связи с этим стоимость внедрения такой системы значительно выше, но при необходимости использования нескольких разнородных различных систем связи и управления экономи-

чески выгодным оказывается, как правило, интегрированный вариант. К неудобствам внедрения таких систем следует отнести необходимость дополнительной подготовки персонала по эксплуатации данных систем. Заводы-изготовители чаще всего могут поставлять системы с требуемыми характеристиками и функциями в упрощенном или расширенном варианте по требованию заказчика.

3. ОСНОВЫ РАДИОСВЯЗИ

3.1. Структура и основные элементы радиосвязи

Радиосвязь - вид связи, осуществляемой посредством радиоволн, т.е. это обмен сообщениями между двумя и более абонентами с помощью электрических сигналов, переносимых через пространство радиоволнами. В основе радиосвязи лежит преобразование электрической энергии высокой частоты в электромагнитные колебания радиопередатчиком, распространение их (радиоволн) в пространстве и обратное преобразование радиоприемником электромагнитных колебаний (радиоволн) в электрические колебания [1].

В зависимости от формы сообщений различают телефонную, телеграфную и телевизионную радиосвязь.

На рис. 3.1 показана структурная схема радиосвязи. Микрофон (М) преобразует звуковые колебания речи в электрические колебания тока звуковой (низкой) частоты. Одним из основных блоков радиопередатчика является задающий генератор (ЗГ) (или генератор высокой частоты), преобразующий энергию постоянного тока (специального источника питания) в энергию колебаний токов высокой частоты (ВЧ). Усиленный в усилителе низкой частоты (УНЧ) ток звуковой частоты поступает на модулятор (Мод), воздействуя на один из параметров (амплитуду, частоту или фазу) тока высокой частоты, вырабатываемого задающим генератором. В результате в антенну передатчика подаются токи высокой частоты (радиочастоты), изменяющиеся по амплитуде, частоте или фазе в соответствии с передаваемыми звуковыми колебаниями (передаваемым первоначальным сообщением). Процесс воздействия на один из параметров ВЧ-сигнала по закону изменения передаваемого первоначального сообщения называется *модуляцией*, соответственно амплитудной, частотной или фазовой.

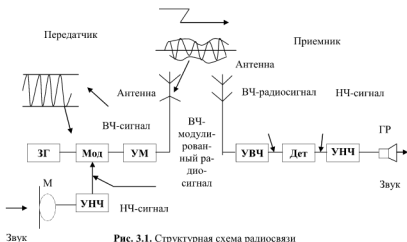


Рис. 3.1. Структурная схема радиосвязи

В ряде случаев, когда зона устойчивой связи радиостанции не охватывает требуемой территории, построение сети радиосвязи предусматривает применение ретрансляторов, что позволяет в целом увеличить дальность радиосвязи (рис. 3.2) [1]. Ретранслятор представляет собой двойной комплект приемопередающей аппаратуры и является дуплексным устройством, то есть прием и передача осуществляются одновременно. Ретранслятор принимает сигнал на частоте F_1 , усиливает его и передает на частоте F_2 . Время, затрачиваемое на обработку сигнала, считается пренебрежимо малым. Частота передач всех абонентских станций, работающих через ретранслятор, равна F_1 , частота приема – F_2 . Абонентские радиостанции работают при этом в режиме двухчастотного симплекса (полудуплекса).

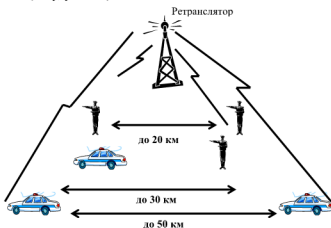


Рис. 3.2. Схема организации радиосвязи с использованием ретранслятора

Ретрансляторы являются структурными элементами радиорелейных линий связи (РРЛ). Радиорелейная связь (от франц. relais: промежуточная станция) – радиосвязь, осуществляемая при помощи цепочки приёмо-передающих радиостанций, как правило отстоящих друг от друга на расстоянии прямой видимости их антенн (рис. 3.3). Каждая такая станция принимает сигнал от соседней станции, усиливает его и передаёт дальше, следующей станции. РРЛ позволяют организовать многоканальную передачу информации. При необходимости любой ретранслятор может выполнять функции узла, где происходит ответвление части каналов.

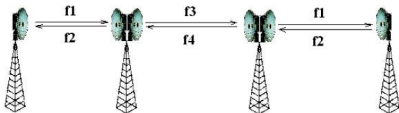


Рис. 3.3. Структурная схема радиорелейной линии связи (РРЛ)

В радиорелейной связи используются дециметровые и сантиметровые волны, реже волны метрового диапазона. Диапазоны ДМВ и СМВ волн выбраны потому, что в них возможна одновременная работа большого числа каналов с шириной спектра сигналов до нескольких десятков мегагерц, низок уровень атмосферных и промышленных помех радиоприёму, возможно применение направленных антенн. Так как устойчивое распространение ДМВ и СМВ происходит только в пределах прямой видимости, то для связи на больших расстояниях необходимо сооружать значительное количество ретрансляционных станций. Для того чтобы расстояние между станциями было как можно больше, их антенны устанавливают на мачтах или башнях высотой 70-100 м, по возможности на возвышенных местах. На равнинной местности расстояние между станциями обычно составляет 40-50 км, а применение (в отдельных звеньях цепочки или в качестве линии) станций тропосферной радиосвязи позволяет увеличить это расстояние до 250-300 км на одном ретрансляционном участке, т.к. при организации тропосферной связи не требуется наличие прямой видимости между антеннами.

Обычно на ретрансляционных пунктах устанавливают несколько комплектов приёмо-передающей аппаратуры, размещаемых в едином техническом здании и использующих общие источники электропитания, мачтовые опоры антенн. Таким образом, на линии создаётся несколько стволов (групповых трактов) связи и увеличивается её пропускная способность. Для одновременной передачи сигналов в радиорелейной связи применяют частотное и временное разделение каналов.

Для организации радиорелейной (тропосферной) связи необходимо использование дуплексной связи, причем в пунктах ретрансляции назначение пар частот (приема и передачи для каждого абонента) осуществляется с учетом электромагнитной совместимости, чтобы передатчики любого из полуккомплектов ретрансляционной станции не воздействовали на свои приемники.

Линии радиорелейной связи разделяют на линии большой емкости – магистральные, средней емкости – зоновые, малоканальные – для связи на железнодорожном транспорте, газопроводах, нефтепроводах, системах передачи электроэнергии и т.п.

Преимущества радиосвязи над проводной

1. Быстрое развертывание на любой местности в любых условиях.
2. Высокая оперативность и живучесть.
3. Возможность передачи сообщений любому количеству абонентов как циркулярно, так и избирательно.
4. Возможность связи с подвижными объектами.

3.2. Радиоволны

Радиоволны представляют собой процесс распространения электромагнитных колебаний в пространстве, создаваемых токами высокой частоты диапазона $3 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^{12}$ Гц [1]. Высокочастотные колебания электрического тока образуются с помощью колебательных систем. Простейший колебательный контур, генерирующий электромагнитные колебания, состоит из катушки индуктивности и конденсатора, параметры которых определяют частоту колебаний. Если электромагнитные колебания возникают в контуре из катушки и конденсатора, то переменное магнитное поле оказывается связанным с катушкой, а переменное электрическое поле – сосредоточенным в пространстве между пластинами конденсатора (рис. 3.4, а). Такой контур называется закрытым или замкнутым. Закрытый колебательный контур практически не излучает электромагнитные волны в окружающее пространство.

Для осуществления радиосвязи необходимо обеспечить возможность излучения электромагнитных волн, и, если разнести обкладки конденсатора, получим открытый колебательный контур, способный излучать энергию в пространство. Если контур состоит из катушки и двух пластин плоского конденсатора, не параллельных друг другу, то чем под большим углом развернуты эти пластины, тем более свободно выходит электромагнитное поле в окружающее пространство (рис. 3.4, б).

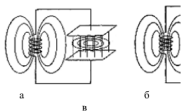


Рис. 3.4. Преобразование колебательного контура в антенну

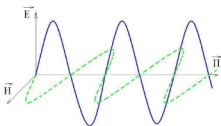


Рис. 3.5. Графическое представление радиоволны

Предельным случаем раскрытия колебательного контура является удаление пластин конденсатора на противоположные концы прямой катушки. Такая система называется открытым колебательным контуром (рис. 3.4, б). Силовые линии поля замыкаются на обкладках конденсатора. Изображение пластин конденсатора на концах катушки открытого колебательного контура на рисунке является лишь условностью.

В действительности контур состоит из длинного провода – антенны. Один конец антенны заземлен, второй поднят над поверхностью земли. Всякий металлический проводник обладает собственной емкостью и индуктивностью, т.е. является открытым колебательным контуром. Открытый колебательный контур принято называть *вибратором*. Резонансная частота (F) такой антенны определяется емкостью и индуктивностью металлического проводника или элементов подстройки:

$$F = 2\pi \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}.$$

Катушка антенны имеет индуктивную связь с катушкой колебательного контура генератора незатухающих электромагнитных колебаний. Вокруг любого проводника, по которому протекает электрический ток, создается магнитное поле. Вынужденные колебания высокой частоты в антенне создают в окружающем пространстве переменное электромагнитное поле. Процесс распространения переменных магнитного и электрического полей и есть электромагнитная волна.

Электромагнитную волну условно можно представить в виде двух синусоид, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях. Одна синусоида изображает изменение электрической составляющей волны (E), а другая – магнитной (H) (рис. 3.5). Распространение электрической составляющей (а соответственно и магнитной) в вертикальной или горизонтальной плоскости определяется расположением в пространстве передающей антенны. Взаимное расположение плоскостей распространения электрической и магнитной составляющей радиоволны обозначают понятием *поляризация*.

Радиоволны, как и другие волновые процессы, обладают рядом параметров (амплитуда, частота и т.д.), но имеют свои особенности (в отличие от механических волн) в связи с другой физической природой. Радиоволны могут распространяться как в упругой среде (воздух, вода, металл и т.д.), так и в вакууме, но в основном рассматривается распространение радиоволн по естественным трассам, т.е. в условиях, когда средой служат атмосфера Земли или космическое пространство. Среда в данном случае является тем звеном в радиосвязи, которое практически не поддается управлению, хотя и подлежит относительно достоверным расчетам. Скорость распространения электромагнитной волны в свободном пространстве приблизительно равна скорости света – 300000 км/с.

В отличие от механических колебаний скорость радиоволны не зависит от среды распространения и частота колебаний в колебательном контуре определяет длину радиоволны. Таким образом, можно утверждать, что длина волны соответствует определенной частоте электромагнитных колебаний, а их взаимосвязь можно выразить следующим образом:

$$\lambda = V/f; \text{ т.к. } V \approx c, \text{ а } c = 3 \cdot 10^8 \text{ (м/с)} \Rightarrow \lambda = 3 \cdot 10^8 / f \text{ (м)}, \lambda = VT,$$

где λ - длина волны, V – скорость распространения электромагнитной энергии, f - частота, T - период колебаний.

В окружающей земной шар атмосфере различают две области, оказывающие влияние на распространение радиоволн: тропосферу и ионосферу. Ионосферой называется область атмосферы, начинающаяся от высоты 60-90 км и простирающаяся примерно до 10000 км над поверхностью Земли. В этой области плотность газа весьма мала и газ ионизирован, т. е. имеется большое число свободных электронов (примерно 10^3 - 10^6 электронов в 1см^3 пространства). Присутствие свободных электронов существенно влияет на электрические свойства газа и обуславливает возможность отражения радиоволн от ионосферы. Путем последовательного отражения от ионосферы и поверхности Земли радиоволны могут распространяться на очень большие расстояния (например, длинные волны могут несколько раз огибать земной шар). Ионосфера является неоднородной средой, и радиоволны рассеиваются в ней, что также обуславливает возможность распространения радиоволн на большие расстояния. Радиоволны, распространяющиеся путем отражения от ионосферы или рассеивания в ней, принято называть *ионосферными (пространственными) волнами*. На условия распространения ионосферных волн свойства земной поверхности и тропосферы влияют мало.

За пределами ионосферы плотность газа и электронная плотность уменьшаются, и на расстоянии, равном 3-5 радиусам земного шара (средний радиус земного шара равен 6370 км), атмосфера Земли переходит в космическое пространство, где газ полностью ионизирован, плотность протонов равна плотности электронов и составляет всего 2-20 эл/см³. Условия распространения радиоволн в космосе близки к условиям распространения в свободном пространстве.

Таким образом, оказывается возможным рассматривать отдельно влияние на распространение радиоволн земной поверхности, тропосферы, ионосферы и космического пространства.

Тропосферой называется приземная область атмосферы, простирающаяся до высоты примерно 10-15 км. Тропосфера неоднородна как в вертикальном направлении, так и вдоль земной поверхности, кроме того, ее электрические параметры меняются при изменении метеорологических условий. Тропосфера влияет на распространение волн вдоль земной поверхности и обеспечивает распространение так называемых тропосферных волн. Распространение тропосферных волн связано с *атмосферной рефракцией* (искривлением траектории волны) в неоднородной тропосфере, а также с рассеянием и отражением радиоволн от неоднородностей тропосферы. Благодаря атмосферной рефракции осуществляется передача информации с помощью систем тропосферной связи.

Радиоволны, распространяющиеся в непосредственной близости (в масштабе длины волны) от поверхности Земли, т.е. в нижних слоях атмосферы, принято называть *земными (поверхностными)*. Земная поверхность оказывает существенное влияние на распространение радиоволн. Сферичность земной поверхности препятствует прямолинейному распространению радиоволн. Условия распространения радиоволн вдоль земной поверхности в значительной степени зависят от проводимости почвы (поверхности) и от длины волны. В случае идеальной проводимости земной поверхности радиоволны отражались бы от нее без потерь, но реально земная поверхность не является ни идеальным проводником, ни идеальным диэлектриком. Поэтому радиоволны, распространяясь вдоль земной поверхности, частично ею поглощаются и тем сильнее, чем меньше длина волны.

В однородной среде волны распространяются, как было сказано выше, прямолинейно и равномерно, причем с увеличением расстояния от излучателя (антенны) плотность потока энергии в точке приема уменьшается прямо пропорционально расстоянию от излучателя. Это связано с тем, что вся мощность, излучаемая антенной, распространяется во все стороны равномерно и в каждую точку пространства доходит лишь часть электромагнитной энергии.

При распространении радиоволн энергия радиоволны непрерывно уменьшается не только из-за явления рассеивания. Часть энергии радиоволн теряется при образовании вихревых токов в различных токопроводящих предметах, пересекаемых радиоволнами. Энергия токов вихревого характера частично превращается в тепло. Явление превращения энергии радиоволн в другие виды энергии, например, тепловую, условно называют *поглощением* радиоволн.

Радиоволны способны огибать различные препятствия, встречающиеся на пути распространения. Это явление получило название *дифракции*. Дифракция значительно зависит от длины волны. Радиоволны с большой длиной волны способны огибать большее по геометрическим размерам препятствие. Для возникновения дифракции размеры препятствия должны быть соизмеримы с длиной волны, поэтому в диапазонах, где длины радиоволн составляют единицы

метров и менее, дифракции на препятствиях городского плана (здания) практически не происходит.

Среда распространения радиосигнала (например, городская застройка) содержит множество препятствий на прямой, соединяющей антенну базовой станции с антенной абонента. Соответственно существует только относительно короткий участок распространения по прямой видимости и множество трасс прохождения радиосигнала с переотражением (несколькими переотражениями). Во многих случаях (не только городская застройка, но и, например, холмистая местность) существует более одного пути распространения радиоволн, и эта ситуация называется *многолучевым распространением*. Сигнал в точке приема при многолучевом распространении представляет сумму компонентов переданного сигнала, пришедших в точку приема по различным путям с переотражениями. Это вызывает изменение уровня сигнала в точке приема, случайные колебания фазы принимаемого сигнала (фазовый шум) и временное рассеяние передаваемых символов сигнала. Радиоволны, отраженные от различных препятствий, проходят одна через другую, не влияя друг на друга, но в различных точках пространства возникает явление *интерференции*. Сущность этого явления заключается в том, что две (или более) волны с одинаковым периодом и фазой могут накладываться друг на друга, создавая при этом точки пространства, в которых наблюдается увеличение амплитуды результирующего сигнала. При противоположных фазах и одинаковом периоде сигналов будет наблюдаться уменьшение амплитуды результирующего сигнала (*затмирания сигнала*) (рис. 3.6) и, следовательно, ухудшение качества или даже пропадание связи в зависимости от разницы амплитуд взаимодействующих сигналов. Эти точки пространства получили название интерференционного максимума и интерференционного минимума.

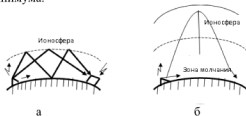


Рис. 3.6. Особенности распространения волн:
а) явления затмирания; б) зона молчания

Трасса распространения радиосигнала изменяется при перемещениях подвижного абонента и движении окружающих предметов. Даже малейшее их перемещение приводит к изменению условий многолучевого распространения и как следствие к изменению параметров принимаемого сигнала. Предположим, например, что абонент находится на улице с оживленным движением. Хотя абонент относительно неподвижен, часть окружающей среды (автомобили)

движется со средней скоростью 50 км/ч. Автомобили на улице являются движущимися отражателями радиосигналов и существенно изменяют во времени среду распространения, а, следовательно, и характеристики принимаемого абонентом радиосигнала. Уровень принимаемого сигнала особенно сильно изменяется во времени при перемещении самого абонента. Перемещение лишь на доли длины волны может вызвать значительное изменение принимаемого уровня. Если рассмотреть абонента, передвигающегося в автомобиле, то за счет его движения будут изменяться и расстояние до базовой станции, и конфигурация препятствий на пути распространения радиосигнала от базовой станции к абоненту. В обоих случаях в условиях многолучевого распространения радиосигнал может моделироваться как случайным образом изменяющаяся во времени среда распространения.

Изменения уровня принимаемого сигнала при перемещениях абонента представлены на рис. 3.7, из которого видно, что уровень сигнала испытывает флуктуации, известные как быстрые (кратковременные) замирания. С другой стороны, локальное среднее значение уровня сигнала также изменяется, но медленно. Эти медленные флуктуации зависят в основном от характеристик среды распространения, их причиной являются особенности рельефа местности вдоль трассы распространения радиосигнала.

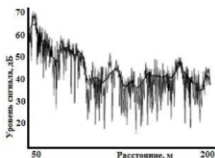


Рис. 3.7. Графическое представление изменения уровня сигнала

Модели распространения, применяемые для энергетического расчета радиоканалов, чаще всего оценивают его медианную (среднюю) величину, не учитывая быстрые замирания. При теоретическом рассмотрении условий распространения земных радиоволн атмосферу считают сначала непоглощающей средой с относительными диэлектрической и магнитной проницаемостями, равными единице, а затем вносят необходимые поправки.

Итак, распространение радиоволн в основном происходит в атмосфере и у поверхности земли, причем электрические и магнитные характеристики сре-

ды сильно искажают идеальную картину излучения и распространения радиоволн. Но, зная общую картину распространения радиоволн, можно нейтрализовать большую часть негативных влияний, вызванных физическими свойствами радиоволн.

3.3. Диапазоны радиоволн

Радиоволны в соответствии с международной классификацией делятся на диапазоны (табл. 3.1) [1]. Радиоволны различных диапазонов ввиду некоторых физических свойств, о которых речь шла выше, могут распространяться на разные расстояния, т.к. волны разных диапазонов характеризуются специфическими особенностями распространения радиосигнала.

Таблица 3.1

Диапазоны радиоволн

Наименование радиоволн	Диапазон частот f	Длина волн λ	Условное обозначение диапазонов
Декамегаметровые	3 - 30 Гц	100000 - 10000 км	СДВ
Мегаметровые	30 - 300 Гц	10000 - 1000 км	
Гектокилометровые	300 - 3000 Гц	1000 - 100 км	
Мириаметровые	3 - 30 кГц	100 - 10 км	
Километровые	30 - 300 кГц	10 - 1 км	ДВ
Гектометровые	300 - 3000 кГц	1 - 0,1 км	СВ
Декаметровые	3 - 30 МГц	100 - 10 м	КВ
Метровые	30 - 300 МГц	10 - 1 м	УКВ
Дециметровые	300 - 3000 МГц	1 - 0,1 м	ДМВ
Сантиметровые	3 - 30 ГГц	10 - 1 см	СМВ
Миллиметровые	30 - 300 ГГц	10 - 1 мм	Микроволны
Децимиллиметровые	300 - 3000 ГГц	1 - 0,1 мм	

Оценка дальности радиосвязи

1. Сверхдлинные волны - СДВ > 1000 км.
2. Длинные волны - ДВ = 1000 км.
3. Средние волны - СВ = 400 км.
4. Короткие, волны - КВ = 2000 км.
5. Ультракороткие волны - УКВ = 70 км.

Ионосфера является отражающим слоем для длинных, средних и частично коротких волн. Обладая хорошей дифракционной способностью, радиоволны этих диапазонов (особенно СДВ и ДВ) могут преодолевать значительные расстояния. Данные диапазоны используются для международного радиовещания, навигации.

Сигналы в диапазоне КВ в наибольшей степени подвержены влиянию промышленных помех, помех от бытовых приборов, радиовещательных и телевизионных передатчиков. Применение оборудования данного диапазона оптимально в сельской местности, где уровень помех значительно ниже, чем в усло-

виях плотной городской застройки. Диапазон характеризуется хорошим огибанием неровностей ландшафта и распространением за пределы прямой видимости. Хорошие результаты по дальности связи получаются между стационарными объектами. Автомобильные и портативные радиостанции имеют меньшую дальность связи из-за малой эффективности антенн, так как длина волны много больше длины антенны.

Диапазон УКВ - один из самых универсальных диапазонов. Оборудование этого диапазона прекрасно работает как в сельской местности, так и в условиях городской застройки. Ультракороткие волны проходят ионосферу почти беспрепятственно, поэтому считается, что УКВ радиосвязь осуществляется поверхностной волной в пределах прямой видимости, т.к. эти волны почти не обладают свойством дифракции.

По этой же причине за некоторыми отдельно стоящими препятствиями образуются *радиотеневые зоны*, когда же их целый комплекс (городской массив), то радиосвязь в зоне радиотени осуществляется за счет прихода волн, многократно отразившихся от стоящих рядом с абонентом сооружений. Т.к. данный диапазон радиоволн имеет недостаточное загоризонтное распространение, то для увеличения дальности радиосвязи требуется большая высота установки антенны базовой радиостанции. Портативные станции работают достаточно успешно на открытой местности, но в условиях плотной городской застройки качество связи существенно снижается. Эффективность спиральных антенн достаточно высока, но все же не максимальна из-за разницы длины волн и геометрических размеров антенн. В общем случае устойчивая дальность связи поверхностной волны составляет около 70 км. Дальность связи УКВ увеличивается за счет рефракции, преломления радиоволн в нижних слоях атмосферы ввиду неоднородности слоев, а также за счет появления в ионосфере участков с повышенной ионизацией, которые чаще всего проявляют себя в период солнечной активности.

Диапазон ДМВ считается «городским» и проявляет свои лучшие качества в условиях плотной городской застройки. Выбор этого диапазона оптимален при необходимости получения устойчивой связи на небольших расстояниях, например, в черте города. Даже при использовании портативных радиостанций обеспечивается устойчивая связь с минимальным количеством «мертвых» зон. Для открытой местности ДМВ не очень удобен, так как радиоволны этого диапазона плохо огибают неровности рельефа и имеют сильное затухание в лесистой местности. Для получения большой дальности связи потребуются очень высокие точки установки антенн базовых станций.

Сантиметровые волны чаще всего используются для организации космической связи, так как имеют хорошую проходимость ионосферных слоев. Более высокие частотные диапазоны радиоволн пока еще не освоены для применения.

В деятельности пожарно-спасательных подразделений для организации радиосвязи наибольшее применение нашли радиоволны УКВ диапазона, реже используется КВ диапазон. Основные преимущества УКВ связи в том, что связь в этом диапазоне более устойчивая и практически не зависит от времени суток и погоды, в этом диапазоне относительно низкий уровень промышленных по-

мех, а особенности распространения УКВ позволяют использовать одни и те же частоты в соседних гарнизонах. Антенные устройства УКВ диапазона имеют значительно меньшие габариты, чем антенны КВ связи и, тем более, антенны диапазонов СВ и ДВ, что немаловажно для организации радиосвязи в городских условиях.

Зона устойчивой радиосвязи диапазона УКВ зависит от многих факторов, и в связи с тем, что специфика деятельности пожарно-спасательных подразделений подразумевает организацию радиосвязи, как правило, в городских условиях, то дальность связи в ряде случаев оказывается существенно меньше указанной на рис. 3.8. Необходимо правильно выбирать места для работы с радиостанциями.

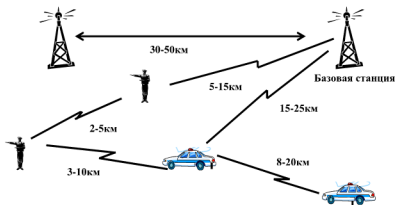


Рис. 3.8. Ориентировочная дальность УКВ радиосвязи между различными типами радиосредств

Факторы, влияющие на дальность УКВ связи:

- 1) мощность передатчика, Вт;
- 2) чувствительность приемника, мкВ;
- 3) глубина шумоподавления;
- 4) рельеф местности;
- 5) высота подъема и конструкции антенн;
- 6) промышленные помехи, электроустановки ЛЭП;
- 7) препятствия и экранирующие конструкции, каменные и железобетонные здания, металлические сооружения.

Преимущества УКВ: не зависит от времени суток, много каналов радиосвязи, работа областей на одних частотах.

Коротковолновая связь используется для связи с удаленными подразделениями на расстоянии свыше 50 км. Эффективность КВ радиосвязи особенно очевидна в гарнизонах, имеющих большую территорию и значительную удаленность подразделений друг от друга (Сибирь, Дальний Восток, север евро-

пейской части). В ряде случаев больший эффект, чем КВ связь, достигается использованием диапазона сантиметровых волн, которые применяют в спутниковых системах радиосвязи.

Для организации административной связи в настоящее время все чаще используется диапазон дециметровых волн. Для этих целей в большинстве случаев в настоящее время эффективнее использование достаточно большой и стремительно развивающейся инфраструктуры сетей связи поставщиков услуг мобильной связи общего назначения (сотовые системы). Для решения служебных задач эффективно могут использоваться системы современной профессиональной радиосвязи (транкинговые системы). Для организации ведомственных сетей сухопутной подвижной радиосвязи на территории Российской Федерации и для работы различных служб выделены частотные диапазоны, указанные в табл. 3.2. Разрешение на использование радиочастот оформляется подразделениями радиочастотной службы, а правомерность их использования входит в компетенцию надзора за связью. Обе структуры являются государственными организациями, осуществляющими регулирование отраслью связи. В целом в настоящее время наблюдается тенденция использования радиоволн более высокого частотного диапазона, где практически нет промышленных помех и значительно уменьшены проблемы, связанные с нехваткой частотного диапазона для организации радиосвязи.

Таблица 3.2

Частоты специальной служебной радиосвязи

Обозначение	КВ	УКВ	ДМВ
Диапазон, МГц	1-50	136-174	400-512

На длинных и средних волнах наиболее ощутимо явление дифракции. Дальность связи на длинных волнах 1000 км и на средних до 400 км осуществляется как поверхностной, так и пространственной волне.

На коротких волнах КВ связь также может осуществляться как поверхностными и пространственными волнами. Лучшее прохождение пространств волнами с дальностью связи в 20000 км в диапазоне КВ от 10 до 25 м в дневное время суток. Эти волны называют дневными. КВ от 35 до 100 м лучше проводят ночью и называются ночными.

3.4. Системы и технологии мобильной связи

Значительная часть всех коммуникационных действий человека в производственной и бытовой сферах деятельности осуществляется с помощью систем мобильной связи. Основным практическим способом осуществления мобильной связи на значительные расстояния в настоящее время является применение электромагнитных волн. Возможность практического применения электромагнитных волн для установления связи без проводов впервые продемонстрировал русский физик А.С. Попов 7 мая 1895 года.

Изначально использовался термин «радиосвязь» – способ передачи информации, в котором переносчиком сигнала являются электромагнитные волны. Понятие «мобильная связь» появилось значительно позже и в настоящее время по существу является синонимом, т.к. подавляющее количество технологий мобильной связи использует в качестве среды передачи сигналов пространство, в котором распространяются именно радиоволны. Радиоволны занимают нижнюю часть спектра электромагнитных колебаний (рис. 3.9). В настоящее время для связи кроме радиоволн используются также электромагнитные волны оптического диапазона, но пока большая часть реально используемых систем, реализующих технологии оптической связи, относится к системам фиксированной связи.

По сравнению с проводной связью радиосвязь обладает целым рядом преимуществ:

- возможностью ведения связи с абонентами в движении;
- возможностью организации связи в труднодоступных местах или в случае невозможности, а также нецелесообразности организации проводной связи (торфяной пожар, горная местность, наводнение и т.д.);
- возможностью одновременной передачи сообщений неограниченному количеству абонентов;
- относительно малым временем для установления связи.



Рис. 3.9. Спектр электромагнитных колебаний

Основным недостатком радиосвязи является наличие помех промышленного характера, а также влияние климатических условий и рельефа местности. Кроме того, в ряде случаев (тоннели, подземные сооружения и т.д.) организация радиосвязи невозможна или затруднена в силу физических законов распространения радиоволн.

Многие службы и организации в нашей стране и во всем мире для решения своих задач используют средства радиосвязи. Не составляет исключения из этого списка и пожарно-спасательные подразделения. Радиосвязь в их деятельности обеспечивает решение следующих основных задач:

- связь с транспортными средствами в пути следования;
- управление подразделениями при ликвидации ЧС и их последствий;
- эффективное резервирование каналов проводной связи;

- оперативный обмен служебной информацией без привязки сотрудников к определенному месту.

Для решения этих задач применяется разнообразная техническая база, использующая различные способы передачи информации с помощью радиоволн и имеющая различные принципы обработки сигналов (сотовые, транкинговые, пейджинговые, спутниковые системы связи).

3.5. Устройство и параметры радиостанций

Радиостанции, используемые в пожарно-спасательных подразделениях, предназначены для организации диспетчерской радиосвязи и связи на месте ЧС (пожара) [1]. Они обеспечивают бесперерывное вхождение в связь, а также позволяют осуществлять ведение двухсторонней подвижной радиотелефонной связи в симплексном или полудуплексном режиме, что особенно удобно, когда необходимо быть постоянно «на связи», когда важно контролировать ситуацию или обеспечивать безопасность.

Рассматривая устройство радиостанций, можно выделить несколько основных функциональных частей, из которых состоит любая радиостанция.

- Радиопередатчик радиостанции предназначен для преобразования низкочастотного информационного сигнала к виду необходимому для передачи и вывода радиосигнала на антенну.

- Радиоприемник предназначен для обработки принятого антенной радиосигнала и вывода низкочастотного информационного сигнала на оконечное устройство.

- Источник питания обеспечивает работу приемопередающих устройств и устройств индикации.

- Антенно-фидерное устройство (АФУ) предназначено для передачи высокочастотных электрических колебаний от передатчика к антенне и их преобразования в электромагнитные волны при передаче, а также преобразования радиоволн в электрический сигнал и передачи последнего от антенны к приемнику при приеме.

- Устройства управления и индикации предназначены для установки необходимых режимов работы радиостанции и их контроля.

Технической основой систем радиосвязи служат многоканальные радиокомплексы (радиосистемы). *Радиокомплекс* – это совокупность радиотехнических средств, взаимодействующих в общем для всего оборудования диапазоне частот и имеющих техническую (конструктивную и функциональную) совместимость различных устройств.

Современные радиокомплексы включают в себя, как правило, несколько типов радиостанций (стационарные, мобильные, носимые). Кроме того, в состав комплексов могут входить усилители мощности, пульта дистанционного управления, антенное и ретрансляционное оборудование, зарядные и питающие

устройства, различные аксессуары (гарнитуры, громкоговорители и т.д.). Существуют специальные радиомодемы, предназначенные для передачи данных по радиоканалу. В различных типах радиостанций существуют свои конструктивные особенности. Хотя конструктивное устройство радиостанций достаточно разнообразно, но, как правило, радиопередатчик и радиоприемник объединены в один блок, именуемый *приемопередатчиком*. Для работы приемопередатчиков радиостанций в телефонных сетях разработаны специальные телефонные интерфейсы и микротелефонные трубки (или гарнитуры).

Радиостанции обладают рядом параметров, знание которых позволяет делать правильный выбор моделей радиостанций для конкретных условий эксплуатации и производить сравнительную оценку их качества и возможностей. В табл. 3.3 и 3.4 приведены основные параметры некоторых радиостанций.

Таблица 3.3

Параметры стационарных и мобильных радиостанций

Параметры	Виола А	Гранит Р-23	Сапфир	Сигнал	Заря А	Motorola GM-300	Standart GX-1508	Kenwood TK-768
Диапазон частот, МГц	148-149 172-173	146-174	140-174 204-212	146-174	146-174	136-174 403-470	138-174 450-470	136-174 400-470
Мощность передатчика, Вт (max)	10	20	10	15	15	45	25	45
Чувствительность приемника, мкВ	0,8	0,16	0,5	0,5	0,25	0,35	0,35	0,25
Количество каналов	40	99	160	120	80	16	8	32

Таблица 3.4

Параметры носимых и портативных радиостанций

Параметры	Виола Н	Гранит 301	Сапфир Н	Сигнал 402А	Заря Н	Motorola GP-300	Standart HX-240	Kenwood TK-248
Диапазон частот, МГц	148-149 172-173	146-174	140-174 204-212	146-174	146-174	136-174 403-470	138-174 450-470	136-174 400-470
Мощность передатчика, Вт (max)	1	5	2	2	1	5	5	5
Чувствительность приемника, мкВ	1	0,16	0,35	0,35	0,25	0,35	0,16	0,25
Количество	4	10	16	16	80	16	16	16

каналов								
Масса, кг	1,3	0,45	0,8	0,56	0,85	0,7	0,360	0,4

3.5.1. Стационарные радиостанции ГПС

Стационарные УКВ радиостанции в пожарной охране (ПО) предназначены для организации симплексной бесподстроечной двухсторонней радиосвязи пожарных подразделений и оперативных служб, имеющих одинаковую частоту и тон вызова в любое время суток.

Радиостанции обеспечивают радиосвязь: с однотипными радиостанциями («Гранит» - «Гранит»); с радиостанциями других типов, имеющими одинаковые частоты связи и вызова («Гранит» - «Motorola»).

Каждая радиостанция имеет два вида тонального вызова:

$$F_1 = 1450 \text{Гц}, F_2 = 2100 \text{Гц}.$$

Общее устройство радиостанций

1. Пульт управления (ПУ).
2. Приемопередатчик (ПП).
3. Громкоговоритель.
4. Антенна с кабелем.
5. Кабель питания.
6. Кабель для соединения ПП и ПУ.
7. Выносная гарнитура с тангентой (микрофонная трубка или манипулятор).

Стационарные радиостанции классифицируются:

- 1) По месту расположения;
- 2) По способу питания;
- 3) По конструкции антенн и длине антенного кабеля.

Размещение и установка стационарных радиостанций должна производиться с учетом рекомендаций завода-изготовителя, указанных в инструкции по эксплуатации. Стационарные радиостанции рекомендуется устанавливать в специально оборудованном помещении с выполнением основных требований:

- длина антенного кабеля наименьшая;
- расположение аппаратуры не менее 1 м от отопительных систем;
- в южных районах размещать радиостанции так, чтобы уменьшить попадание прямых солнечных лучей;
- свободный подход при осмотре аппаратуры, возможность снятия кожухов и блоков;
- в помещении не допускается размещение аккумуляторной батареи для резервного питания;
- безопасность и удобство обслуживающего персонала;

- обеспечение пыле- и влагозащищенности.

Стационарные антенны устанавливаются на металлических и железобетонных опорах, крышах зданий. Оптимальное место - это место, обеспечивающее хорошее качество радиотелефонного обмена.

Рекомендации по эксплуатации радиостанций

1. Расстановка аппаратуры должна быть выполнена таким образом, чтобы исключить возможность поражения личного состава электрическим током путем одновременного прикосновения к корпусу радиостанции и водопроводной сети или батарее отопления.

2. Блоки стационарной радиостанции должны быть обязательно закреплены.

3. Запрещается применение нестандартных вставок в предохранители радиостанций.

4. Личный состав, работающий со средствами связи, обязан знать и строго выполнять установленные правила и меры безопасности.

Стационарные радиостанции имеют три режима работы:

- дежурного приема (микротелефонная трубка в трубкодержателе);
- приема (трубка снята - прослушивается эфир);
- передачи (тангента нажата).

Простейший вид антенны в стационарных радиостанциях - это одиночный прямолинейный провод. Такую антенну принято называть вибратором, вдоль которого укладывается половины длины волны ($\lambda/2$). В качестве антенн, устанавливаемых в центре управления силами (ЦУС) и в других пунктах радиосвязи, чаще всего применяются стационарные антенны типа «Корзинка» или «Стакан».

Рассмотрим антенну типа «Стакан». Такая антенна представляет собой симметричный полуволновой вибратор, состоящий из двух полых медных цилиндров с заваренными верхними торцами. Верхняя и нижняя половины вибратора образуют как бы опрокинутые стаканы. Отсюда и название антенн. 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, токи высокой частоты не замыкаются на землю. Геометрическая длина антенны выбирается равной $l = \lambda/2$, а входное сопротивление - около 72 Ом.

Рассмотренная конструкция антенны обеспечивает эффективное преобразование энергии токов высокой частоты в энергию радиоволн и одновременно исполняет роль молниеотвода. Антенный или коаксиальный кабель в УКВ радиосвязи необходим для соединения антенны с приемопередатчиком.

В коаксиальном кабеле проводниками служат центральная жила и экранирующая оплетка кабеля (рис. 3.10). Механическая прочность и водонепроницаемость коаксиального кабеля обеспечиваются внешней защитной оболочкой. 1. Конструкция коаксиального кабеля обеспечивает необходимую помехозащищенность (экранировку) сигнала за счет внешнего проводника 2,

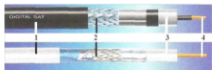


Рис. 3.10. Коаксиальный кабель.

выполненного в виде фольги (алюминевой или медной) и/или оплетки из медной проволоки. Диэлектрическая изоляция 3 современных проводников выполнена из полиэтилена, изготовляемого по специальной технологии, что обеспечивает необходимые электрические и механические характеристики кабеля. Для внутреннего проводника 4 применяется медная (иногда посеребренная) проволока. Срок службы коаксиального кабеля от 5 (черный) до 10 (белый) лет.

3.5.2. Мобильные радиостанции ГПС

Мобильные УКВ радиостанции ПО предназначены для организации симплексной бесподстроечной двухсторонней радиосвязи пожарных подразделений и оперативных служб, имеющих одинаковую частоту и тон вызова в любое время суток.

Радиостанции обеспечивают радиосвязь:

- с однотипными радиостанциями («Маяк» - «Маяк»);
- с радиостанциями других типов, имеющими одинаковые частоты связи и вызова.

Мобильные радиостанции классифицируются:

- 1) по месту расположения - на пожарных автомобилях;
- 2) по способу питания - от АКБ;
- 3) по конструкции антенны и длине антенного кабеля.

Мобильные радиостанции устанавливаются на автомобилях в различных местах [2]. Так, на автомобиле УАЗ-469 (рис. 3.11, а) пульт управления 3 устанавливается в кабине на нижнем обресе приборного щитка с помощью кронштейна 2; держатель с микротелефонной трубкой и громкоговоритель 4 размещаются на приборном щитке в удобном для оператора месте; приемопередатчик с блоком питания 7 - в заднем отсеке кузова на амортизационной раме; антенна - в центре крыши кузова автомобиля; аккумулятор 1 - в моторном отсеке; соединительные кабели прокладываются в углах кабины. Закрепление кабелей должно исключать их чрезмерную вибрацию и перегибы, приводящие к обрывам проводников или нарушению электрических контактов в местах их соединения.

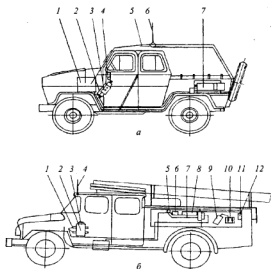


Рис. 3.11. Схема размещения радиостанций на автомобилях: а - УАЗ-469: 1 – аккумулятор; 2 – кронштейн; 3 – пульт управления; 4 – громкоговоритель и держатель с микро телефоном; 5 – противовесы антенны; 6 – антенна; 7 – приемопередатчик с блоком питания;
 б - АЦ-40 (130)-63Б: 1 – кронштейн; 2 – пульт управления; 3 – держатель с микро телефоном; 4 – антенна; 5 – кронштейн приемопередатчика; 6 – блок питания; 7- рама; 8 – приемопередатчик; 9 – громкоговоритель; 10- пульт управления дистанционный; 11- разъем; 12 – распределитель

На пожарных автомобилях АЦ-40(130)-63Б (рис. 3.11, б) или АНР-4(130)-64 радиостанции размещаются следующим образом: пульт управления 2 с держателем микро телефонной трубки 3 и громкоговорителем 9 - на общем кронштейне и крепится перед рычагом коробки передач в кабине водителя. Распределитель 12 устанавливается в левом заднем отсеке (первый вариант). Приемопередатчик вместе с блоком питания устанавливается на амортизационной раме, которая с помощью кронштейнов 5 подвески крепится к крыше кузова внутри левого переднего отсека. В этом же отсеке устанавливается распределитель 12 (второй вариант). Прогиб крыши устраняется с помощью планок, входящих в монтажный комплект. Второй пульт управления 10 с держателем микро телефонной трубки крепится на специальном кронштейне в заднем (насосном) отсеке и левой вертикальной стенке. Громкоговоритель 9 закрепляется выше пульта управления. Антенное устройство 4 устанавливается на кронштейне над передним ветровым стеклом по центру кабины водителя. Соединительные кабели прокладываются под внутренней обшивкой кузова.

Антенны радиостанций предназначены для преобразования энергии электрических колебаний в энергию электромагнитного поля на передаче и обратного преобразования на приеме.

Для установки на подвижные объекты широкое применение находят штыревые антенны, обладающие такими ценными качествами, как простота конструкции и достаточная механическая прочность. Штыревая антенна представляет собой несимметричный четвертьволновой вибратор. Его входное сопротивление примерно в два раза меньше, чем у антенны типа «Стакан».

Конструктивно антенна выполняется в виде металлического штыря, пружины и проходного изолятора. Для согласования антенны с коаксиальным кабелем используется четвертьволновый трансформатор. Экранирующая оплетка кабеля должна быть заземлена. Подвижные объекты не заземляются, поэтому используются противовесы.

В радиостанциях, устанавливаемых 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 кабеля с массой автомобиля или противовесом в большой степени зависит величина мощности, излучаемой антенной.

Антенны характеризуются диаграммой направленности [1]. *Диаграмма направленности* - это график, показывающий зависимость напряженности поля радиоволны от направления излучения. По этому признаку антенны делятся на антенны направленного (телевизионные приемные антенны, параболические антенны) и ненаправленного действия (телескопические антенны, штыревые антенны). Наиболее широкое распространение при организации радиосвязи в диспетчерских службах нашли антенны, обеспечивающие круговую диаграмму направленности излучения, т.е. удовлетворяющие требованию равномерного излучения энергии во все стороны в горизонтальной плоскости (вертикальная поляризация). Диаграмма направленности антенн в этой плоскости зависит от многих факторов: типа антенны, высоты размещения над землей или токопроводящей поверхностью крыши, наличия близко расположенных металлических конструкций и т.д.

Применение направленных антенн (рис. 3.12) может дать дополнительное увеличение дальности связи за счет эффективности излучения. Однако применение таких антенн для решения ряда задач (например, для связи с транспортными средствами) требует их установки на поворотных устройствах, что, конечно, повышает стоимость радиостанции и делает ее управление более сложным. Поэтому применение антенн направленного действия эффективно на стационарных пунктах связи при достаточно больших потоках информации, т.к. характеристики направленных антенн позволяют организовывать передачу

данных с большей эффективностью, чем при использовании ненаправленных антенн, что в перспективе является немаловажным фактором.



Рис. 3.12. Антенны направленного действия:

- а) рефлекторная; б) типа «волновой канал»; в) параболическая;
г) типовая диаграмма направленности антенны направленного действия

Основными параметрами антенн являются: коэффициент полезного действия, коэффициент направленного действия, коэффициент усиления, полоса пропускания, волновое сопротивление и др.

В портативных и носимых радиостанциях иногда используются спиралевидные или проволочные гибкие антенны. Противовесом в таких антеннах служит масса приемопередатчика, но фактически тело оператора также является одним из противовесов, электрические характеристики которого отличны от необходимых. Вследствие этого диаграмма направленности меняется в зависимости от взаимного расположения тела оператора и радиостанции, площади контакта рук оператора и корпуса радиостанции, а также некоторых других факторов.

Таким образом, от качества антенно-фидерного тракта зависит уровень сигнала на приеме (следовательно, дальность связи), уровень помех, попадающих на вход приемника (следовательно, качество связи). Совершенствование этой функциональной части радиостанции выгодно вдвойне: т.к. антенна является взаимным устройством (приемопередающим), то насколько есть выигрыш (проигрыш) на передаче, настолько будет выигрыш (проигрыш) на приеме.

3.6. Оценка дальности и качества радиосвязи

В процессе выполнения организационно-технических мероприятий, обеспечивающих надежность действия радиосредств, возникает необходимость решения некоторых задач: выбор направления предполагаемой радиотрассы и ее дальности, определение типов и моделей радиосредств, расчет необходимых высот стационарных антенных опор пунктов приема и передачи и др. [1].

Несколько последних десятилетий системы радиосвязи развиваются в различных направлениях. Требования к качеству радиосвязи и диапазону предоставляемых услуг растут день за днем. Чтобы обеспечить качественные и эффективные по стоимости решения, необходимо оптимально проектировать системы радиосвязи с самых первых этапов их жизненного цикла.

В области разработки и проектирования систем мобильной связи возникают задачи оценки характеристик радиосредств при работе по радиоканалу. Для решения этого круга задач оценивают характеристики систем, заменяя реальную среду распространения радиосигнала адекватной моделью.

Оценка дальности и качества радиосвязи в общей ведомственно-территориальной системе связи необходима для расчета параметров радиотрасс при организации радиосвязи, т.е. при построении или развитии системы радиосвязи. В связи с этим следует учитывать следующие обстоятельства.

Во-первых, практически все радиооборудование беспроводных сетей, используемое в подразделениях МЧС, работает в диапазоне УКВ или ДМВ. Такие волны распространяются вдоль прямой линии, соединяющей антенны и называемой линией визирования. Из этого следует, что препятствия не должны закрывать эту виртуальную линию, хотя на практике допускается небольшое перекрытие этой линии препятствиями. Не следует забывать, что Земля круглая, поэтому даже в степи, при абсолютно ровной поверхности, чтобы обеспечить прямую видимость, антенны требуется поднимать выше.

Во-вторых, необходимо обеспечить такие значения параметров радиолинии, чтобы мощность полезного сигнала на входе приемника была равна или немного превышала значение реальной чувствительности этого приемника. Если это условие не выполняется, связи не будет. Слишком большое превышение – это, как правило, неоправданные эксплуатационные затраты, кроме того, увеличивается риск создания помех другим радиосредствам, работающим в том же диапазоне. Для расчета мощности полезного сигнала на входе приемника необходимо знать энергетические параметры радиолинии (характеристики передатчика, приемника, антенн, всевозможные потери сигнала и др.).

В-третьих, часто расчеты в радиотехнике ведутся в децибелах. Для перевода в децибелы необходимо взять десятичный логарифм числа и умножить его на 10. Например, 10^6 будет равно 60 дБ, а 10^{-3} соответствует -30 дБ. Преимущества использования этой единицы измерения состоят в том, что вместо умножения исходных чисел достаточно сложить значения в децибелах, а для деления – вычесть из делимого делитель, также выраженные в децибелах. Кроме того, нет необходимости писать большое количество нулей или использовать показатели степени. И еще одна тонкость. Часто можно встретить не просто дБ, а например дБ/м и др. Буквы после дБ означают ту единицу, по отношению к которой берется децибел. Так, дБ/м – это децибел к метру, например, погонное затухание коаксиального кабеля составляет 0,08 дБ/м, следовательно, кабель длиной 20 метров вносит ослабление сигнала 1,6 дБ.

В-четвертых, следует учитывать, что в радиосвязи могут использоваться радиостанции с разными техническими характеристиками, поэтому все расчеты ведутся для худшего варианта. Для многоинтервальной линии расчеты ведутся отдельно для каждого интервала.

Влияние среды на распространение радиоволн проявляется в изменении (большой частью уменьшении) амплитуды поля волны, изменении направления

распространения волны, в повороте плоскости поляризации волны, в искажении передаваемых сигналов. В связи с этим при исследовании распространения радиоволн возникают следующие основные задачи:

- расчет энергетических параметров радиолинии - выбор мощности передающего устройства и определение мощности сигнала на входе приемного устройства; определение оптимальной рабочей волны при заданных условиях распространения
- изучение возможных искажений передаваемого сигнала и разработка мер по их устранению.

Для решения этих задач необходимо учитывать электрические свойства поверхности и атмосферы Земли и космического пространства, а также физические процессы, происходящие при распространении радиоволн.

Дальность радиосвязи зависит от большого числа факторов (используемого частотного диапазона, рельефа местности, высоты установки антенн, электромагнитной обстановки и т.д.) и может быть точно определена только экспериментальным путем.

В целом дальность радиосвязи (при соответствующем качестве) зависит от двух следующих основных групп факторов: условий распространения радиоволн (рельефа местности, климатических условий, мощности промышленных помех и т.д.) и параметров радиосредств, применяемых для организации радиосвязи. При этом следует иметь в виду, что степень влияния различных факторов (даже факторов, входящих в одну группу) неодинакова. Например, пропорционально уменьшив мощность передатчика радиостанции и улучшив чувствительность приемника, при неизменных других условиях получим качество связи (отношение сигнал/шум) отличное от первоначального, и затруднительно сказать (без расчетов), со знаком «+» или «-» будет это отличие.

Так как условия распространения радиоволн по естественным трассам определяются многими факторами, полный их анализ оказывается слишком сложным. В связи с этим в каждом конкретном случае строят модель трассы распространения радиоволн, выделяя те факторы, которые оказывают основное воздействие.

Методика расчета параметров радиотрасс зависит от назначения и условий функционирования данной линии. Поэтому расчет параметров радиолинии между населенными пунктами, расположенными на значительном расстоянии друг от друга, будет несколько отличаться от расчета, проводимого для организации радиосвязи в городских условиях.

В связи с тем, что УКВ связь осуществляется в пределах прямой видимости, то, следовательно, максимальная дальность радиосвязи в этом диапазоне будет определяться этим значением. Предположим, что передающая и при-

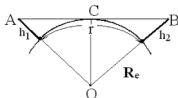


Рис. 3.13. Расчет дальности прямой видимости

емные антенны расположены на высотах h_1 и h_2 над земной поверхностью соответственно. Тогда, используя теорему Пифагора (рис. 3.13), получим [1]:

$$AC = \sqrt{(R_e + h_1)^2 - R_e^2},$$

где R_e – радиус Земли.

С учетом очевидного неравенства $h \ll R_e$ получаем:

$$AC \approx \sqrt{2R_e h_1} \quad \text{и} \quad BC \approx \sqrt{2R_e h_2}.$$

Таким образом, для предельного расстояния прямой видимости получается следующая формула:

$$r = AC + BC \approx \sqrt{2R_e} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}).$$

Если высоты антенн выразить в метрах, то расстояние прямой видимости формула примет вид

$$r(\text{км}) \approx 3,57 (\sqrt{h_1(\text{м})} + \sqrt{h_2(\text{м})}).$$

Рефракция радиоволн в атмосфере приводит к увеличению расстояния прямой видимости (r):

$$r(\text{км}) \approx 4,15 (\sqrt{h_1(\text{м})} + \sqrt{h_2(\text{м})}),$$

где h_1 и h_2 – высоты приемной и передающей антенн.

В зависимости от расстояния между передающей и приемной антеннами (D) различают следующие зоны при распространении радиоволн вдоль земной поверхности: освещенная зона ($D < r$); зона полутени ($D \approx r$); зона тени ($D > r$).

Если на трассе между антеннами есть неровности, можно построить профиль трассы с учетом сферичности Земли. Делается это так. По величине требуемой дальности определяется величина подъема Земли в центре трассы (Y) и на лист бумаги наносятся три точки: с нулевой высотой на концах трассы и с высотой в центре трассы (A , B и C) (рис. 3.14). Через эти точки строится дуга окружности, являющаяся уровнем моря для построения трассы. На эту дугу в выбранном масштабе переносятся с топографической карты точки уровней высот над уровнем моря с учетом точки нулевого уровня. Полученные точки соединяются линией, в результате получается профиль трассы. В нулевых точках A и C в том же масштабе наносятся высоты расположения антенн. По рисунку определяется наличие прямой видимости между антеннами радиостанций. В случае отсутствия прямой видимости следует одну или обе антенны разместить на других высотах или увеличить высоты мачтовых устройств и построить новый профиль трассы.



Рис. 3.14. Профиль трассы одного интервала радиолинии

Определение высоты подъема земли в центре трассы (и любой другой точке) относительно нулевой точки осуществляется типовыми методами. Для этого можно использовать графики или таблицы, показывающие зависимость величины подъема земли (относительно точки установки антенны) от расстояния до места расположения антенных устройств или воспользоваться зависимостью

$$Y = \frac{D^2}{2 \cdot R_e} \cdot K(1 - K),$$

где Y - относительная высота подъема земли в рассчитываемой точке; D - расстояние между антеннами; R_e - радиус Земли (≈ 6370 км); $K = D_1 / D$ - относительная координата точки подъема.

А как быть, если на трассе имеется, допустим, гора и антенны из-за этого необходимо поднимать на высоту Останкинской телебашни? Естественно, поставить на горе ретранслятор и рассчитывать две трассы: до ретранслятора и после него. Так же следует поступить и при протяженности трассы более 50 км.

Выбранные высоты установки антенн обеспечивают условия распространения радиоволн, близкие к условиям распространения радиоволн в свободном пространстве, что дает возможность пользоваться достаточно простой методикой расчета. Следует подчеркнуть, что антенны необходимо устанавливать на такой высоте не для того, чтобы можно было применять простую методику расчета, а чтобы с помощью маломощной радиолинии обеспечить передачу сигналов на значительные расстояния.

Следующим этапом расчета является определение так называемой энергетики линии, зависящей от параметров радиосредств и ослабления сигнала при распространении.

Приближенная формула для оценки дальности радиосвязи УКВ диапазона, учитывающая параметры радиостанций, выглядит так:

$$L = 1,22 \sqrt{\frac{h_1 \cdot h_2 \cdot \delta \cdot \sqrt{P \cdot R}}{U}},$$

где h_1 и h_2 - высоты поднятия приемной и передающей антенны, м; P - мощность передатчика, Вт; R - входное сопротивление приемника, Ом; δ - коэффициент полезного действия передающей антенны, U - чувствительность приемника, мкВ.

Данная формула позволяет лишь оценить влияние различных параметров радиостанций на дальность радиосвязи, т.к. действительна при отсутствии на входе приемника мешающих сигналов или помех, а давая оценку дальности радиосвязи, нужно учитывать условия, при которых обеспечивается радиосвязь. В реальности дальность связи с учетом рельефа местности и помех электромагнитного характера в несколько раз меньше (иногда на порядок) величины, полученной из вышеприведенной формулы.

Расчет ослабления радиоволн на трассе со сложным профилем является многофакторной задачей, поэтому для проведения практического расчета радиотрасс используются приближенные формулы, позволяющие оценить влияние рельефа местности на параметры радиотрассы.

Даже для трасс с одиночным препятствием результаты измерений и расчетов ослабления нередко расходятся. Как правило, расчетное ослабление получается больше, чем измеренное. Расхождение возрастает с увеличением ослабления и частоты, достигая на сантиметровых волнах больших значений. Вероятно, это связано с небольшими неровностями вершин препятствий и их несферической формой. Особенно такое различие проявляется в горной местности, где вершины чаще бывают клиновидными, чем округлыми.

На реальных трассах, проходящих над среднепересеченной местностью, на которых ослабление не слишком велико, углы дифракции обычно менее 5° , а радиус кривизны каждого препятствия много меньше земного радиуса. При этих условиях дифракционные потери (β) (относительно свободного пространства) могут быть рассчитаны по формуле

$$\beta = -6,4 - 20 \lg \left[\sqrt{\left(\frac{2\theta^2}{x} + 1 \right)} + 1,41 \frac{\theta}{\sqrt{x}} \right] - 6,6 x^{0,75} y^{1,5} - \begin{cases} 18,3 \cdot \theta & \text{для } \theta > 0, \\ 11,7 x^{0,25} y^{1,5} \theta & \text{для } \theta < 0. \end{cases}$$

где d_0 – длина трассы, км; d_a и d_b – расстояния от конечных точек трассы до пересечения касательных к препятствию, км; f – частота, ГГц; θ – угол дифракции, рад;

$$x = \frac{3 \cdot 10^{-4} \cdot d_0}{f \cdot d_a \cdot d_b}; \quad y = 14,9 R^{1/3} f^{1/3}.$$

Полное дифракционное ослабление на трассе с несколькими препятствиями складывается из ослаблений на каждом препятствии. Следует, конечно, учитывать взаимное влияние соседних препятствий. Однако для реальных препятствий отсутствуют какие-либо приемлемые оценки степени такого влияния.

При построении системы радиосвязи, например, в городских условиях, расчет производится по устойчивости радиосвязи. Для устойчивой радиосвязи напряженность электрического поля в точке приема должна иметь такое значение, при котором на входе радиоприемного устройства создавалось напряжение, соответствующее его чувствительности.

Напряженность электрического поля в точке приема можно определить по формуле

$$E_m = \frac{4\pi h_1 h_2 \sqrt{60 P_u \sigma}}{\lambda(m) D(км)^2} \cdot K,$$

где P_u – мощность излучения передающей антенной; σ – коэффициент направленного действия передающей антенны; λ – длина волны; D – расстояние между антеннами; h_1 и h_2 – высоты поднятия приемной и передающей антенн; K – коэффициент, учитывающий особенности рельефа местности.

Устойчивая радиосвязь обеспечивается при превышении значения напряженности поля полезного сигнала ($E_{мин}$) над уровнем помех не менее чем на 12 дБ (соотношение сигнал/шум определяется техническими возможностями современных радиостанций). Значение напряженности поля помех для города колеблется от 1 до 10 мкВ/м, для сельской местности – от 0,2 до 1,5 мкВ/м. Следует заметить, что данная формула применима для расчета напряженности поля в пределах прямой видимости. На больших расстояниях интерференционная картина нарушается и пользоваться данной формулой нельзя.

Для реальных расчетов можно использовать следующую методику. Т.к. расчеты ведутся в основном для стационарных радиостанций, то расстояние принимается как заранее определенное, обусловленное расположением стационарных пунктов связи. Расчет сводится к определению высот подъема антенн, при котором энергетическая характеристика радиолинии (напряженность поля в точке приема E_p) будет удовлетворительной:

$$E_p = P_{пер} + G_1 + G_2 - K_{осл} - E_n - \Delta E_{дон} \geq E_{мин}.$$

В данном неравенстве со знаком «+» берется мощность передающего устройства ($P_{пер}$), коэффициенты усиления передающей (G_1) и приемной (G_2) антенн. Со знаком «-» в формулу вводится показатель ($K_{осл}$), определяющий ослабление сигнала при распространении в зависимости от расстояния и рельефа местности.

Кроме того, всегда есть потери (E_n), обусловленные целым комплексом причин, включая ослабление сигнала в соединительных разъемах, потери из-за несовпадения поляризации антенн и т.п. При использовании внешних антенн, подключаемых к радиооборудованию с помощью коаксиальных кабелей, необходимо знать длину кабелей и величину погонного затухания в них. Результирующее затухание в кабелях добавляется к величине E_n .

В точке приема возможно действие помех (атмосферных и промышленных). При одновременной работе близко расположенных радиостанций, работающих в различных радиосетях (на различных несущих частотах), возникает проблема обеспечения их электромагнитной совместимости, т.е. проблема обеспечения совместной работы радиостанций без взаимных мешающих влияний. Результаты экспериментальных исследований приёмопередатчиков стационарных и возимых радиостанций показали, что для обеспечения заданного ка-

чества и надёжности радиосвязи (заданного отношения сигнал/шум на выходе низкочастотного тракта приёмника) в случае повышения допустимого уровня мешающего сигнала требуется пропорциональное увеличение уровня полезного сигнала на входе приёмника. Таким образом, для обеспечения радиосвязи с заданным качеством и надёжностью необходимо учитывать величину напряжённости поля помехи $\Delta E_{\text{доп}}$, определяемую электромагнитной обстановкой в данном районе. Поэтому при расчетах берется запас помехоустойчивости к внешним помехам, величина которого определяется электромагнитной обстановкой в районе, где «прокладывается» радиолиния, и, как правило, задается в пределах от 5 до 20 дБ. В этом случае обеспечивается устойчивая радиосвязь.

В случае, когда соотношение $E_p \geq E_{\text{мин}}$ не выполняется, следует увеличить энергетику линии. Это можно осуществить двумя способами: выбором средств радиосвязи с лучшими параметрами или уменьшением потерь при распространении сигнала.

Первый способ реализуется за счет увеличения мощности передатчиков или улучшения чувствительности приемников. Но следует иметь в виду, что увеличение мощности передатчика в два раза позволяет увеличить дальность радиосвязи лишь на 15-20 %.

Второй способ может быть осуществлен за счет поднятия антенн, но при значительном увеличении высоты антенных опор возрастает длина фидерной линии, что приводит к увеличению потерь энергии, а также возрастает стоимость мачтовых сооружений и усложняется их эксплуатация.

Как правило, оба способа предусматривают дополнительные затраты, поэтому требуемый результат достигается комбинированием соответствующих мероприятий. В ряде случаев улучшения качества связи можно добиться, применяя антенны направленного действия и правильно подбирая рабочие частоты с учетом электромагнитной совместимости.

Другая модель радиоканала включает в себя относительно высоко поднятую неподвижную стационарную антенну базовой станции и низко расположенную антенну движущегося абонента. В этой модели значительно возрастает влияние среды при распространении сигнала и расчеты несколько усложняются. Все приемлемые методики энергетического расчета данной модели основаны на эмпирических методах анализа.

В большинстве случаев независимо от используемых методик расчета соответствующих характеристик радиолиний возможна автоматизация этого процесса. В практической деятельности государственных служб автоматизация расчета радиоканалов позволяет составить карту зоны покрытия ведомственной системы радиосвязи, что давно делается операторами сотовой связи. Наличие подобной информации позволяет при необходимости (например, в зоне неустойчивой радиосвязи) предпринять соответствующие меры.

4. ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ В ПОЖАРНОЙ ОХРАНЕ

4.1. Единая служба связи ГПС МЧС России

Структурные изменения, происшедшие в последнее время в Государственной противопожарной службе МЧС России, а также внедрение новых информационных и коммуникационных технологий в практику ее работы привели к необходимости совершенствования форм и методов управления и организации служб связи в ГПС [2].

Тенденция развития системы оперативной связи в ГПС МЧС России в настоящее время позволяет утверждать, что сети связи в системе управления подразделениями пожарной охраны несут основную информационную нагрузку. Однако их сегодняшнее состояние не в полной мере отвечает современным требованиям, что в целом снижает эффективность управления силами и средствами пожарной охраны. Поэтому необходимо создание концепции развития и совершенствования системы оперативной связи ГПС, включающей создание и развитие единой службы связи ГПС МЧС России, а также создание методологических основ моделирования, построения и проектирования сетей связи различного назначения.

Служба связи ГПС МЧС России предназначена для обеспечения готовности средств (систем) связи и управления подразделений пожарной охраны к выполнению задач гарнизонной службы [2]. Кроме того, служба связи предназначена для организации и создания единой системы связи ГПС, эффективного комплексного применения ее технических средств и квалифицированной технической эксплуатации средств связи в целях поддержания их в работоспособном состоянии и постоянной готовности к применению.

В состав службы связи ГПС включаются подразделения и мобильные средства, предназначенные для осуществления функций пожарной связи в гарнизоне. Начальниками управления, отряда Государственной противопожарной службы (УГПС, ОГПС) МЧС организуется служба связи пожарной охраны края, области, города в соответствии с «Наставлением по организации служб связи ГПС МЧС России».

Основные функциональные задачи службы связи:

- всестороннее обоснованное планирование и организация системы связи ГПС, отвечающей современным требованиям по оперативности, надежности, живучести и обеспечивающей высокое качество управления силами и средствами пожарной охраны;
- разработка предложений по изменениям таблицей положенности техники связи с учетом современного уровня развития средств связи, предоставляемых ими услуг и реальных потребностей в этих средствах и услугах органов управления и подразделений ГПС;

- укомплектование ГПС современными средствами связи в соответствии с табелями положенности;
- разработка и выдача обоснованных исходных данных для проектирования и строительства новых систем и сооружений связи в гарнизоне (гарнизонах) пожарной охраны;
- организация, планирование и учет технической эксплуатации средств связи, осуществление постоянного руководства их всесторонним техническим обеспечением и обслуживанием;
- плановая специальная подготовка и обучение руководителей и всего личного состава органов управления и подразделений ГПС квалифицированному пользованию средствами связи, находящимися в эксплуатации и поступающими на вооружение;
- систематический контроль за техническим состоянием средств связи, поддержание их в исправности и постоянной готовности к работе;
- непосредственное руководство и проведение восстановительных работ по устранению неисправностей и отказов средств связи;
- анализ эксплуатационных свойств аппаратуры по опыту ее применения, учет отказов и неисправностей, выявление их причин;
- постоянное взаимодействие с предприятиями связи, предоставляющими для нужд ГПС линии и каналы связи на правах аренды (субаренды), а также платные услуги; своевременное предъявление к этим предприятиям требований по быстрейшему устранению аварий и неисправностей на обслуживаемых ими кабельных линиях и обоснованных претензий при некачественном предоставлении услуг;
- разработка соглашений с предприятиями Госкомсвязи и с операторами коммерческих сетей связи России о предоставлении пожарной охране льготных тарифов на выделяемые ресурсы и услуги транкинговых, сотовых, спутниковых сетей подвижной связи и сетей персонального радиовызова.

В соответствии с поставленными задачами в состав единой службы связи ГПС должны входить специальные подразделения и службы связи: Управление защиты информации и обеспечения безопасности проведения спасательных работ МЧС России; ВНИИ ГОЧС МЧС России, ВНИИПО МЧС России; пожарнотехнические образовательные учреждения; территориальные гарнизоны пожарной охраны субъектов РФ и местные гарнизоны пожарной охраны.

Управление защиты информации и обеспечения безопасности спасательных работ и ВНИИ ГОЧС и ВНИИПО МЧС России осуществляют:

- общее руководство в области связи деятельностью научно-исследовательских и образовательных учреждений ГПС страны, служб, частей и подразделений связи ГПС и ГОЧС;
- взаимодействие с органами управления МЧС России по организации связи и оповещения;

- техническое и финансовое обеспечение служб связи.

Служба связи территориального гарнизона пожарной охраны (ГПО):

- осуществляет техническое обеспечение и эксплуатацию всех имеющихся в территориальном и подчиненных местных ГПО средств и систем связи;
- разрабатывает схемы проводной и радиосвязи для территориальных и местных ГПО;
- планирует совершенствование собственной системы связи в территориальном и местных гарнизонах, изыскивает для этой цели необходимые финансовые средства;
- разрабатывает исходные данные для создания новых систем и сооружений связи и систем оповещения в гарнизоне пожарной охраны;
- взаимодействует с предприятиями связи различной принадлежности, предоставляющими ГПС линии и каналы связи в аренду (субаренду);
- осуществляет обучение личного состава гарнизона квалифицированному пользованию средствами связи.

Таким образом, служба связи должна обеспечивать комплексное применение средств и систем электросвязи, использующих различные физические принципы передачи сообщений. При этом система связи ГПС является важнейшей составной частью инфраструктуры системы оперативного управления подразделениями пожарной охраны и совместно с АСУ пожарной охраной составляет техническую базу информатизации и автоматизации системы обеспечения пожарной безопасности.

4.2. Организация связи в гарнизонах пожарной охраны

Связь Государственной противопожарной службы МЧС России по назначению классифицируется на следующие основные виды [2]:

- связь извещения, обеспечивающая передачу и прием сообщений о пожарах;
- оперативно-диспетчерская связь, обеспечивающая передачу распоряжений подразделениям, своевременную высылку сил и средств подразделений пожарной охраны и ГОЧС для тушения пожаров и ликвидации последствий ЧС, получение информации с мест пожаров, передачу информации о пожарах должностным лицам, организациям и городским службам, получение сообщений о выездах подразделений и связь с пожарными автомобилями, находящимися в пути, передачу приказов на передислокацию техники;
- связь на пожаре или на месте ЧС, обеспечивающая четкое и бесперебойное управление силами и средствами, их взаимодействие и передачу информации с места пожара и ЧС;

- административно-управленческая связь, включающая все виды связи, не связанные с выполнением оперативно-тактических задач.

Связь извещения обеспечивает передачу сообщений о пожарах, катастрофах и других видах ЧС от заявителей и устройств автоматической пожарной и охранно-пожарной сигнализации на ЦУС и в ПСЧ.

Связь извещения предусматривает:

- соединение ЦУС с городской телефонной станцией входящими соединительными линиями, предназначенными специально для приема извещений о пожарах и ЧС. При наличии в городе АТС связь абонентов этой телефонной станции с пожарной охраной осуществляется по специальным соединительным линиям набором двухзначного номера «01», а при наличии ручной телефонной станции - передачей заявителем сообщения «Пожар»;

- установку в пожарной части аппаратуры электрической пожарной сигнализации для приема извещений с наиболее важных объектов, расположенных в районе выезда пожарной части;

- соединение прямыми проводными линиями ЦУС, ПСО, ПСЧ с наиболее важными объектами города;

- соединение прямыми проводными линиями ЦУС с коммутаторами органов внутренних дел и подразделениями вневедомственной охраны для приема сообщений о пожарах;

- соединение заявителей (работников пожарной охраны, оснащенных средствами радиосвязи) с ЦУС или ПСЧ по каналам радиосвязи.

Оперативно-диспетчерская связь обеспечивает:

- прямую телефонную и радиосвязь ЦУС с пунктами связи частей, отрядов и пожарных постов;

- радиосвязь ЦПР или ЦУС с пожарными автомобилями, автомобилями связи и освещения (связи) и оперативными автомобилями ГОЧС, находящимися в пути следования;

- телефонную связь со службами взаимодействия города.

Схема оперативно-диспетчерской телефонной связи приведена на рис. 4.1.

Связь на пожаре предназначена для управления силами и средствами, обеспечения их взаимодействия и обмена информацией.

Административно-управленческая связь необходима для обеспечения административно-управленческой деятельности ГПС. Для административно-управленческой связи используются, как правило, городские и ведомственные телефонные сети связи и радиосети. В случае необходимости могут использоваться средства оперативной связи не в ущерб выполнению оперативно-тактических задач.

Связь в гарнизоне 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.

К основным видам связи в зависимости от способов передачи электрических сигналов и характера передаваемой информации относятся: телефонная, телеграфная и факсимильная связь, передача данных и пожарная сигнализация.

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

- центр управления силами и средствами (ЦУС);
- пункт связи отряда (ПСО);
- пункт связи части (ПСЧ);
- подвижный пункт связи (ППС).

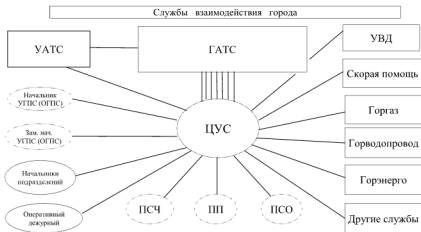


Рис. 4.1. Схема оперативно-диспетчерской телефонной связи

Главным организующим и управляющим звеном службы связи пожарной охраны является ЦУС, обеспечивающий все основные виды связи. При организации в гарнизоне пожарной охраны автоматизированной системы управления силами и средствами ЦУС входит в состав центра АСОУПО и выполняет его основные функции.

Пункт связи отряда организуется и оборудуется по принципу ЦУС. Пункт связи пожарной части создается в каждой пожарной части на базе существующего пункта связи. Функционирование ПСЧ осуществляется под управлением диспетчера пожарной части (радиотелефониста).

Пункт связи отряда может совмещаться с одним из пунктов связи пожарной части или быть автономным.

На пункт связи пожарной части, входящий в состав АСОУПО, возлагаются следующие задачи:

- автоматизированный прием приказов вызова на пожар, поступающих из центра АСОУПО;
- автоматизированная высылка дежурных караулов своего подразделения по сигналу «тревога»;
- автоматизированный сбор и передача данных о силах и средствах пожарной части, наличии и состоянии пожарных автомобилей, людских ресурсах;
- передача и прием информации о пожарах и ходе их тушения;
- обмен служебной информацией по телеграфу с дежурной частью центра АСОУПО.

Пункт связи пожарной части оборудуется:

- станцией оперативной связи с подключением к ней: соединительных линий городской (объектовой) телефонной станции для приема извещений о пожарах и осуществления служебной связи, прямых соединительных линий с наиболее важными объектами, находящимися в районе выезда пожарной части, а также прямой соединительной линии для связи с ЦУС;
- стационарными радиостанциями для связи с пожарными автомобилями и ЦУС, а также со службами взаимодействия города (СВ);
- установкой тревожной сигнализации, другой аппаратурой и иными необходимыми принадлежностями.

Подвижные пункты связи используются в качестве временных пунктов связи для управления силами и средствами пожарной охраны и ГОЧС при решении оперативно-тактических задач.

Связь, организуемая на месте пожара, предназначена для обеспечения непрерывного информационного обмена между руководителем тушения пожара и подразделениями пожарной охраны, участвующими в тушении пожара, в соответствии со складывающейся оперативной обстановкой [2]. Кроме того, для управления силами и средствами на пожаре устанавливается связь между руководителем тушения пожара (РТП) и оперативным штабом (начальником штаба (НШ), начальником тыла (НТ), начальниками боевых участков (НБУ)) и при необходимости с пожарными автомобилями. Связь на пожаре обеспечивает управление работой подразделений и получение от них сведений об обстановке на пожаре.

Для обеспечения оперативного управления используются возимые радиостанции (РВ) и громкоговорящие установки (усилитель мощности УМ-100, микрофон-М и громкоговорители - Гр) автомобиля связи и освещения (АСО), а также носимые радиостанции (РН), полевые телефонные аппараты, подключенные к коммутатору оперативной связи типа КОС-8Э, и электромегафоны. Обобщенная структурная схема организации связи на месте пожара приведена на рис. 4.2.

Для взаимодействия между боевыми участками (подразделениями), работающими на пожаре, устанавливается связь между начальниками боевых участков (подразделений). При этом используются носимые радиостанции (РН), поле-

вые телефонные аппараты (ТА), переговорные устройства и связные. В случае невозможности применения средств связи используются сигналы управления.

Для обеспечения передачи информации с места пожара устанавливается связь между РТП, штабом (Ш) пожаротушения и ЦУС (ПСЧ) с помощью городской телефонной сети или возимых радиостанций пожарных автомобилей, автомобилей связи и оперативных автомобилей. При этом обеспечивается обмен оперативной информацией между диспетчером ЦУС (ПСЧ) с помощью стационарной радиостанции (РС) и подразделениями, находящимися на пожаре и в пути следования. Кроме того, с помощью средств радиосвязи обеспечивается передача сообщений об обстановке и ходе тушения пожара, вызов дополнительных сил и средств и передача требований РТП к службам взаимодействия города.

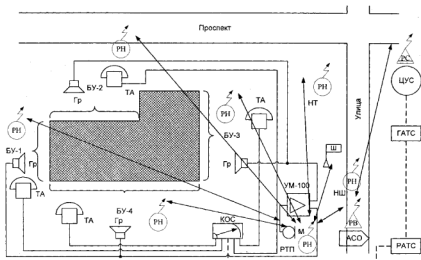


Рис. 4.2. Схема организации связи на месте пожара

При использовании средств радиосвязи на пожаре РТП обязан обеспечить соблюдение всеми абонентами правил радиообмена. При использовании оперативным штабом абонентской телефонной сети (городской или районной АТС) необходимо переключить телефонную линию абонента на телефонный аппарат штаба.

На рис. 4.3 [2] приведена в общем виде структурная схема связи гарнизона пожарной охраны. Из схемы видно, что центр управления силами (ЦУС) имеет достаточно разветвленную сеть линий и каналов связи, основные из которых обеспечивают круглосуточную связь с пожарными частями (ПЧ), службами взаимодействия (СВ) города (горгаз, милиция, скорая помощь, электросети, водоканал и др.), городскими административными органами (АО) и особо важными объектами (ОВО).

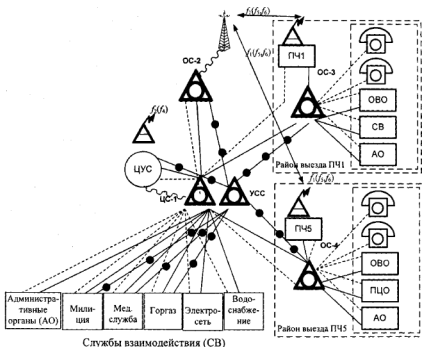


Рис. 4.3. Схема организации системы оперативной связи гарнизона пожарной охраны:

- прямая телефонная связь;
- телефонная связь полной значности;
- телефонная связь по линиям «01»;
- связь с дистанционно управляемой стационарной радиостанцией;
- $f_1 \dots f_6$ - частоты рабочих каналов системы радиосвязи; ЦС - центральная станция (АТС);
- ОС - оконечная станция (АТС); УСС - узел специальной связи;
- ОВО - особо важные объекты; ПЦО - пункты централизованной охраны;
- АО - административные органы; СВ - специальные ведомства

Для повышения оперативности, устойчивости и живучести связи применяют несколько дублирующих друг друга линий связи различных видов. Так, сеть линий специальной связи ЦУС с ПЧ включает в себя прямые линии городской телефонной сети ГАТС, линии специальной связи «01».

В основе системы связи ГПС лежит обмен речевой (аналоговой) информацией. 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 линиям и по линиям ГАТС с центральными пунктами вневедомственной охраны (ЦПВО), откуда передаются сигналы на ЦУС и ПЧ, принятые ЦПВО от совмещенных объектов устройств тревожной сигнализации. Передача извещений может быть либо дискретная (соответствующие кодовые посылки), либо аналоговая (речь).

Живучесть структуры сети связи или оперативная устойчивость - это способность обеспечивать своевременную и надежную связь со всеми абонентами в период как нормальной повседневной жизнедеятельности гарнизона, так и сложной оперативной обстановки в экстремальных условиях [2].

Устойчивость одного канала (линии) связи без резервирования определяется выражением

$$P_{1c}(t) = e^{-\lambda_1 t},$$

где λ_1 - интенсивность повреждений канала связи; t - время работы канала связи до первого отказа.

Для данного случая плотность распределения наработки на отказ определяется как

$$f_{1c}(t) = -\frac{dP_{1c}(t)}{dt} = \lambda_1 e^{-\lambda_1 t}.$$

Устойчивость сети связи при обеспечении надежного прохождения информации между ЦУС и ПЧ при наличии одного резервного канала связи определяется выражением

$$P_{2c}(t) = P_{1c}(t) + \int_0^t P_2(t-\tau) f_{1c}(\tau) d\tau = e^{-\lambda_1 t} \int_0^t e^{-\lambda_2(t-\tau)} e^{-\lambda_1 \tau} \lambda_1 d\tau = e^{-\lambda_1 t} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} [e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}],$$

где $P_{2c}(\tau)$ - вероятность безотказной работы резервного луча в течение наработки $(t-\tau)$ при условии, что до момента τ этот луч был работоспособным; λ_2 - интенсивность повреждений резервного луча.

В целом устойчивость структуры всей системы связи с r -кратным холодным резервированием

$$P_{(k+1)}(t_i) = P_{kc}(t_i) + \int_0^t P_{(k+1)}(t_i + \tau) f_{kc}(\tau) d\tau,$$

где $P_{kc}(t_i)$ - вероятность безотказной работы структуры, имеющей один основной и r резервных каналов; $P_{(k+1)}(t_i + \tau)$ - вероятность безотказной работы $(k+1)$ -го резервного канала в течение наработки $(t_i + \tau)$ при условии, что до момента τ этот канал связи был работоспособным; $f_{kc}(\tau)$ - плотность распределения наработки до первого отказа структуры системы связи, имеющей один основной и r резервных каналов связи для обмена информацией.

Следует понимать, что всякое резервирование требует дополнительных затрат. Поэтому следует стремиться к тому, чтобы затраты на резервирование C_p не превышали получаемого выигрыша C_o , т.е. $C_p < C_o$. Выигрыш включает в себя как материальный, так и социальный эффект. Материальный эффект мо-

жет быть получен за счет сокращения убытков от пожаров, а социальный - за счет снижения последствий воздействия пожаров на здоровье людей.

4.3. Статистические характеристики потока вызовов, поступающих на центральный узел связи (ЦУС)

Для проектирования АСОУПО и оптимизации ее пропускной способности необходимо знать статистические характеристики потока вызовов, поступающих на вход центрального пункта пожарной связи [2]. Анализ статистических данных показывает, что значительная часть поступающих вызовов не содержит полезной информации. Эти вызовы являются ложными. Они возникают вследствие ошибок набора телефонных номеров укороченной значности, а также из-за несовершенства оборудования телефонной связи - АТС и сети специальной связи. Число вызовов, содержащих полезную информацию, составляет от 10 до 20 %. Таким образом, ЦУС в некоторых городах загружен до 80 % ложными (ошибочными) и дезинформирующими (умышленными) вызовами.

На рис. 4.4 приведено распределение числа вызовов, поступающих на ЦУС по часам суток в рабочие и выходные дни соответственно. Из гистограмм видна неравномерность поступления вызовов во времени, особенно в ночные часы. В рабочие дни число вызовов резко увеличивается с 8 до 10 ч утра.

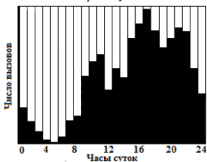


Рис. 4.4. Распределение числа вызовов, поступающих в рабочие дни по специнциям «01» на ЦУС города, по часам суток

В выходные дни число вызовов увеличивается в течение дня более равномерно, достигая максимального значения в вечерние часы. Неравномерность поступления вызовов по дням недели менее выражена, однако число вызовов в выходные дни значительно уменьшается.

Время обслуживания вызовов, поступающих по линиям специальной связи «01», характеризуется большим разбросом значений длительностей обслуживания (рис. 4.5), поскольку в общем потоке вызовов присутствуют вызовы со временем обслуживания, равным 30-120 с (вызовы-сообщения) и преобладающее число вызовов-помех с временем обслуживания 3-20 с. С большим при-

ближением распределения длительностей времени обслуживания вызовов можно описать показательным законом.

Число вызовов, поступающих в систему связи гарнизонов пожарной охраны, определяется в основном численностью населения города при относительно одинаковой технической оснащенности общегородской и спецсвязи и составляет в среднем за сутки 0,5-3 вызова на 1 тыс. жителей.

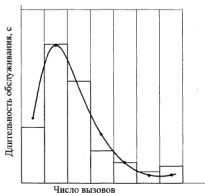


Рис. 4.5. Распределение длительности времени обслуживания вызовов, поступающих по линиям специальной связи «01»

Вызовы, не содержащие полезной информации, относятся к помехам. Вызовы от граждан, желающих получить справочную информацию, а также вызовы, связанные с шалостью детей, называются *помехами первого вида*. Вызовы, поступающие в результате ошибочных наборов телефонных номеров, а также в связи с несовершенством оборудования АТС, называются *помехами второго вида*. Вызовы, прошедшие на ЦУС и не сопровождающиеся речью, называются *помехами третьего вида*, а если со стороны вызывающего абонента диспетчеру выдается сигнал «Занято» — *помехами четвертого вида*. Этой классификацией вызовов-помех воспользуемся при описании автоматизированной подсистемы отсечения помех.

Результаты анализа полученной статистики позволили установить, что среднее время приема вызовов в системе приема сообщений составляет около 15 с, а среднее время обработки вызова-сообщения о пожаре — около 60 с. Также было установлено, что подавляющее число вызовов, поступавших по линиям специальной связи «01», не несут информации непосредственно о пожарах и авариях и для диспетчера являются вызовами-помехами. В таких вызовах, в основном, абонент хочет получить от диспетчера справочную информацию. К таким вызовам также относятся ошибки, возникающие по вине абонента или коммутационного оборудования ГАТС.

4.4. Общие понятия о техническом обслуживании и надежности средств связи и управления

В системе технического обслуживания можно выделить две важнейшие подсистемы: профилактику и восстановление (ремонт), которые тесно связаны между собой.

Профилактика - это группа операций (имеющая планово-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.

Следует отметить, что надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации характеризуется следующими показателями: безотказностью; долговечностью; ремонтопригодностью и сохраняемостью.

Более подробно ознакомиться с расчетами надежности технических систем, в том числе средств связи, можно в учебном пособии С.А. Сазоновой, С.А. Колодяжного, Е.А. Сушко «Надежность технических систем и техногенный риск» [3].

4.5. Контроль технического состояния средств связи и управления

Технический контроль - это проверка соответствия продукции или процесса, от которого зависит качество продукции, установленным техническим требованиям. Объектом контроля является продукция или процесс, подвергаемые контролю. Технический контроль насчитывает 23 вида: 1 - контроль качества продукции; 2 - контроль технологического процесса; 3 - контроль проектирования; 4 - производственный; 5 - эксплуатационный; 6 - входной; 7 - операционный; 8 - приемочный; 9 - сплошной; 10 - выборочный; 11 - летучий; 12 - непрерывный; 13 - периодический; 14 - разрушающий; 15 - неразрушающий; 16 - измерительный; 17 - регистрационный; 18 - по контрольному образцу; 19 - органолептический; 20 - визуальный; 21 - технический; 22 - инспекционный; 23 - ведомственный [2].

Технический контроль осуществляется в два этапа: получение информации о фактическом состоянии некоторого объекта (первичная информация) и сопоставление этой информации с заранее установленными нормами, критериями. Информация о рассогласовании (расхождении фактических и требуемых данных) называется *вторичной*. Следует отметить, что в ряде случаев граница между первым и вторым этапами контроля неразличима. *Качество контроля* харак-

теризуется коэффициентом верности контроля и его глубиной. Количественной характеристикой верности контроля является коэффициент верности

$$B = P_{\text{исп}} / P_{\text{доп}},$$

где $P_{\text{исп}}$ - вероятность того, что аппаратура после проведения контроля окажется действительно исправной; $P_{\text{доп}}$ - вероятность допуска аппаратуры к применению после проведения контроля.

Верность контроля зависит от безотказности контролируемой аппаратуры в процессе предшествующего хранения или функционирования, а также от величины, характеризующей степень уверенности в результатах проверки.

Целесообразность контроля можно охарактеризовать коэффициентом целесообразности контроля:

$$K_{\text{цк}} = B / B_{\text{бк}},$$

где $B_{\text{бк}}$ - коэффициент, характеризующий верность исправного состояния аппаратуры без контроля.

При $K_{\text{цк}} > 1$ контроль целесообразен, а при $K_{\text{цк}} < 1$ - нецелесообразен.

Более полная оценка целесообразности контроля может быть дана на основании учета материального ущерба из-за отказа аппаратуры средств связи и управления (ССУ):

$$K_{\text{эцк}} = (1 - P_y) C_y / (C_{\text{кк}} - \Delta C_k),$$

где $K_{\text{эцк}}$ - коэффициент экономической целесообразности контроля;

P_y - вероятность возникновения материального ущерба, численно равная вероятности безотказного хранения до начала использования или безотказного ожидания до начала контроля; C_y - стоимость ущерба при отказе от контроля ССУ;

$C_{\text{кк}}$ - стоимость контроля аппаратуры в режиме хранения и ожидания;

ΔC_k - увеличение стоимости на подготовку ССУ при введении системы контроля.

Контроль основывается на измерениях определенного числа параметров. К параметрам, характеризующим качество функционирования ССУ, относятся: параметры входных и выходных сигналов (чувствительность приемника, выходная мощность приемника и передатчика, несущая частота сигналов); параметры, не несущие запаса энергии (коэффициент шума, входные и выходные сопротивления).

Степень или полнота использования предельного числа параметров аппаратуры при контроле оценивается коэффициентом глубины контроля:

$$K_{\text{гк}} = N_k / N,$$

где N_k - число контролируемых параметров, необходимых для выявления состояния ССУ; N - предельное число параметров, определяющих состояние ССУ.

Наибольшее число параметров используется при прогнозировании отказов. Время контроля зависит от приспособления изделия к выполнению контрольных мероприятий, глубины и методов контроля, степени автоматизации процесса контроля, квалификации обслуживающего персонала.

Для оценки состояния ССУ используют следующие методы контроля:

- проверку работоспособности технического устройства (или его отдельных элементов) по внешним признакам;
- исследование с помощью контрольно-измерительной аппаратуры;
- прогнозирование по характерным признакам, заключающееся в том, что отказавший функциональный элемент определяется путем сравнения возникшей неисправности с неисправностями, приведенными в специальных таблицах технической документации;
- последовательную поэлементную проверку. Суть этого метода состоит в обнаружении отказавшего элемента и одновременной проверке элементов всей цепи до полного восстановления всех неисправных элементов.

Наличие в аппаратуре функциональных связей между элементами приводит к такому положению, при котором проверка одного из элементов несет в себе информацию о состоянии ряда других элементов, которые в настоящий момент не контролируются. Эта информация выражается в перераспределении вероятностей отказов непрерывных элементов в зависимости от исхода предшествующей проверки. Применительно к радиоаппаратуре параметрами, нуждающимися в контроле в процессе эксплуатации, являются: мощность передатчика, чувствительность приемника, коэффициент направленного действия антенны и затухание в антенно-волновом тракте.

Одним из методов, позволяющих наиболее эффективно предотвращать и предупреждать отказы, является прогнозирование. Прогнозирование постепенных отказов позволяет резко сократить общее число отказов, которые возникают в процессе эксплуатации аппаратуры, так как неисправные элементы выявляются до наступления отказа и заменяются новыми или восстанавливаются. Практически прогнозирование постепенных отказов осуществляется контролем отдельных параметров или выходного параметра аппаратуры, зависящего от изменения физико-химической структуры функциональных элементов.

Рассмотрим метод прогнозирования отказов, который основан на изменении обобщенного параметра аппаратуры. Под обобщенным параметром понимается такой критерий, с помощью которого можно охарактеризовать работоспособность аппаратуры в любой момент, а также судить о любом из ее выходных параметров. Очевидно, обобщенный параметр зависит от определяющих параметров элементов (сопротивлений, емкостей, полупроводниковых приборов и т.п.). В свою очередь, их изменения приводят к изменениям обобщенного параметра. При заданном качестве функционирования этим критерием является область работоспособности аппаратуры, т.е. область, в которой (при изменении внешних воздействий) аппаратура продолжает устойчиво функционировать (под внешними воздействиями здесь понимается изменение напряжений, климатических условий и т.п.). Границей нормального функционирования аппаратуры являются конкретные значения внешних условий, при превышении которых аппаратура переходит в область неработоспособности. Качественное состояние элементов, т.е. значения параметров, определяющих границы работоспособности, можно определить путем нахождения границ области работоспособности в процессе эксплуатации.

4.6. Текущий ремонт средств связи и управления

Замена или восстановление какого-то неисправного элемента применяется в целях повышения готовности аппаратуры. Достоинство такого подхода - в сокращении времени простоя аппаратуры в неработоспособном состоянии, так как отыскать неисправный блок намного проще, чем неисправный элемент [2].

Замена невосстанавливаемого элемента распространяется в настоящее время не только на замену таких неремонтируемых элементов, как резисторы, конденсаторы, транзисторы, электронные лампы, но и на печатные платы, неремонтируемые модели, ячейки. Выгода заключается в меньшем расходе времени, в возможности использования менее квалифицированного обслуживающего персонала, в уменьшении числа поломок во время ремонта. Особенно выгодно применять в сложной аппаратуре модульные конструкции.

Ремонт при наличии резервирования осуществляется без снятия с аппаратуры выполненных функций. Этот метод требует значительных затрат на резервирование.

Замена текущего ремонта профилактическим обслуживанием предусматривает разделение отказов аппаратуры на два вида: профилактируемые и непрофилактируемые. К профилактируемым отказам относятся почти все постепенные отказы и часть внезапных, для которых закон распределения времени безотказной работы является функцией наработки элемента. Только зная этот закон, можно обоснованно принять решение о профилактической замене элемента. Применяемая иногда сплошная замена элементов (по истечении определенного срока службы) является порочным подходом, так как не базируется на закономерности отказов и, следовательно, не столько предупреждает отказы, сколько может привести к ним.

Профилактичность (возможность профилактики) аппаратуры характеризуется коэффициентом профилактики

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{пр}}}{n} = \frac{n_{\text{пр}}}{(n_{\text{пр}} + n_{\text{н.пр}})},$$

где $n_{\text{пр}}$, $n_{\text{н.пр}}$ - число профилактируемых и непрофилактируемых отказов за определенный период времени; n - общее число отказов аппаратуры за этот период времени.

Не все отказы могут быть предотвращены профилактикой. Эффективность профилактики характеризуется коэффициентом эффективности профилактики:

$$K_{\text{э.пр}} = \frac{n_{\text{пр1}}}{n} = \frac{n_{\text{пр1}}}{n_{\text{пр1}} + n_{\text{пр2}} + n_{\text{н.пр}}} = \eta_{\text{пр}} P_{\text{пр}},$$

где $n_{\text{пр1}}$, $n_{\text{пр2}}$ - число предотвращенных и не предотвращенных отказов;

$P_{\text{пр}} = n_{\text{пр1}} / (n_{\text{пр1}} + n_{\text{пр2}}) = n_{\text{пр1}} / n_{\text{пр}}$ - вероятность предотвращения профилактируемого отказа.

Вероятность предотвращения профилактируемых отказов зависит от качества аппаратуры, прогнозирования отказов, периодичности профилактики и ее качества.

Эффективность профилактического обслуживания наиболее полно можно рассчитать по формуле

$$E_{\text{пр}} < [C_{\text{э}} + C_{\text{э,т.р}} - (E_{\text{т.р}} + E_{\text{г}})],$$

где $E_{\text{пр}}$ - затраты на профилактику; $C_{\text{э}}$ - экономия, достигнутая благодаря повышению безотказности (готовности); $C_{\text{э,т.р}}$ - экономия на текущем ремонте и содержании аппаратуры; $E_{\text{г}}$ - затраты на поддержание безотказности (готовности) с учетом текущего ремонта; $E_{\text{т.р}}$ - затраты на содержание аппаратуры с учетом текущего ремонта.

Однако профилактическое обслуживание не может полностью заменить текущий ремонт. Степень возможной замены текущего ремонта профилактикой характеризуется коэффициентом эффективности профилактики, который был определен выше.

Процесс текущего ремонта ССУ включает следующие этапы: установление наличия неисправности; установление характера отказа и отыскание неисправного элемента; устранение неисправности; проверку аппаратуры после ремонта.

Выполняя текущий ремонт, специалист обычно производит следующие операции: получает (со склада) и устанавливает испытательные приборы и инструменты; читает технические описания, инструкции по эксплуатации ремонтируемой аппаратуры; подсоединяет испытательные приборы; собирает и разбирает, чистит и смазывает аппаратуру; удаляет, заменяет или восстанавливает неисправный элемент; сжимает и обратно сдвигает блоки, модули; регулирует аппаратуру, подвергшуюся ремонту; испытывает аппаратуру, подвергшуюся ремонту; если необходимо, консультируется с обслуживающим персоналом; записывает результаты произведенного ремонта.

Наиболее трудоемкой операцией является отыскивание неисправностей. Алгоритм ее состоит в следующем.

1. Исследуемая схема делится по условной вероятности отказа пополам, и в точке деления производится испытание.
2. В зависимости от результатов испытания принимается неисправной та или иная часть схемы.
3. Для неисправной части схемы указанная процедура вновь повторяется, и деление схемы производится до тех пор, пока неисправным останется только один элемент.

На практике нередко применяют следующие способы проверки исправности элементов (или части схемы): внешний осмотр, промежуточные измерения, сравнение, замену. При внешнем осмотре устанавливается наличие изменений внешнего вида комплектующих элементов, цепей (перегрев, искрение, подгорание и т.д.). Промежуточные измерения - это измерения параметров аппаратуры и установка соответствия их заданным допускам изменения (по документации). Способ сравнения заключается в том, что режимы работы элемента (или участка схемы) сравниваются с режимами работ однотипного эле-

мента, заведомо исправного, и делается вывод о его работоспособности. Способ замены характеризуется тем, что отдельные элементы (блок, модуль, электровакуумные и полупроводниковые приборы) заменяются на заведомо исправные. Этот способ довольно эффективен, если съёмными элементами являются блоки, модули. Если же заменяются электровакуумные и полупроводниковые приборы (что чаще всего так и бывает), такой способ приводит к большим потерям комплектующих элементов.

5. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

5.1. Информатизация и автоматизация в современном обществе

Научно-техническое развитие конца XX столетия резко изменило облик ставшего привычным мира. На смену индустриальной эре, с ее заводами, паровозами и ориентацией на естественные ресурсы (газ, нефть, лес и т. п.), пришла постиндустриальная эпоха, в которой доминирующими становятся, с одной стороны, высокие технологии и связанные с ними информационные, коммуникационные отрасли, с другой – биотехнологии, а центральным ресурсом – знания, которые становятся основным источником прибыли [1].

Время, затраченное в развитых странах на производство и обмен информацией, значительно превышает теперь время, расходуемое на производство собственно промышленной продукции. Большой интерес из всех глобальных процессов представляет развитие коммуникационных и *информационных технологий* (ИТ). По сути, автоматизация и информатизация сегодняшнего дня – это конвергенция связи и информатики.

Современные ИТ способствуют обучению новых кадров пожарной охраны, повышению квалификации сотрудников, обмену опытом. В новом информационном обществе главной производственной силой станут знания, в том числе и в области пожарной безопасности, способные воплотиться в образовании и материализоваться в новой пожарной технике и технологиях, системах пожаротушения, услугах в области пожарной безопасности.

В своей профессиональной деятельности человек часто вынужден выполнять одни и те же действия, определяемые его функциональными обязанностями. Алгоритм их выполнения достаточно часто предсказуем и поэтому может быть автоматизирован. Автоматизация процесса подразумевает решение некоторых задач, в той или иной степени выполняемое различными техническими устройствами, которые в свою очередь управляются специализированными аппаратно-программными средствами. В этом случае целесообразнее говорить о специализированных комплексах – автоматизированных системах с программным управлением. Такие автоматизированные системы относятся к классу технических систем управления, представляющих собой всего лишь усовершенствованный уровень механизации каких-либо процессов, например, системы

автоматического пожаротушения. При этом человек должен создавать алгоритм действий и контролировать функционирование управляющей машины. Такие системы относятся к автоматизированным системам управления технологическими процессами (АСУ ТП). Кроме подобных систем существует класс систем управления, реализующий процессы управления целыми объектами и функционирующий на основе соответствующего информационного обеспечения. Такие системы относятся к автоматизированным системам организационного управления (АСОУ). В связи с этим принято делить АСУ по задачам на два класса: АСОУ и АСУ ТП. АСУ ТП часто бывают автоматическими, АСОУ автоматическими принципиально быть не могут.

Традиционно термин «АСУ» закрепился именно за автоматизированными (а не автоматическими) системами. Автоматизированная система управления (АСУ) – совокупность экономико-математических методов, технических средств (ЭВМ, средств связи, устройств отображения информации, передачи данных и т.д.) и организационных комплексов, обеспечивающих рациональное управление объектом (например, предприятием, технологическим процессом) в соответствии с заданной целью. АСУ – это человеко-машинная система, в которой ряд операций и действий передается для исполнения машинам и другим устройствам (особенно это относится к так называемым рутинным, повторяющимся, стандартным операциям), но главное решение всегда остается за человеком. Этим АСУ отличаются от автоматических систем, т.е. таких технических устройств, которые действуют самостоятельно, по установленной для них программе, без вмешательства человека. При этом несомненно, что наибольшую сложность в реализации, а также значимость и перспективу развития в большинстве случаев имеют автоматизированные системы организационного управления, основной целью которых является повышение эффективности деятельности той или иной структуры.

5.2. Основы построения автоматизированных систем управления

По своему принципу построения все АСУ делятся на два типа: одноуровневые и многоуровневые. Различие между двумя этими типами следующее: в одноуровневой системе вся информация с конечных устройств поступает в один компьютер и не передается дальше, в многоуровневых системах вся информация, собранная одним компьютером (или несколькими ПК), передается на следующий уровень, т.е. на следующий ПК, при этом ПК каждого уровня решают свой круг задач [1].

Одноуровневая система применяется в случае, если компьютер диспетчера и конечные устройства (с которых происходит сбор информации) находятся на одном объекте и расстояние между ними незначительно.

Многоуровневая система применяется, если необходимо:

- контролировать с одного диспетчерского места несколько объектов;
- обеспечить АСУ несколько диспетчерских мест;

- состыковать одну систему АСУ с другой системой АСУ.

В зависимости от целевого назначения АСУ можно разделить на два больших класса: АСУ объектами, предусматривающие управление объектом в целом (по всем функциям), и функциональные АСУ, обеспечивающие автоматизацию той или иной функции управления для широкого класса объектов.

К функциональным АСУ относят, например, автоматизированную систему плановых расчётов, автоматизированную систему материально-технического снабжения, автоматизированную систему статистического учёта и т.д.

АСУ объектами по типу управляемого объекта делятся на АСУ технологическими процессами (АСУ ТП); АСУ предприятиями (например, заводами, НИИ, КБ) (АСУП), АСУ отраслями народного хозяйства (например, промышленностью, связью, транспортом) (ОАСУ) и т.д.

Принято рассматривать каждую АСУ одновременно в двух аспектах: с точки зрения ее функций – того, что и как она делает, и с точки зрения ее схемы, т.е. с помощью каких средств и методов эти функции реализуются. Соответственно АСУ подразделяют на две группы подсистем – функциональные и обеспечивающие. В соответствии с этим в составе АСУ выделяют:

- основную часть, в которую входят техническое, информационное, математическое обеспечение и организационно-экономическая база. Основа – общая часть для всех задач, решаемых АСУ;
- функциональную часть, к которой относятся взаимосвязанные программы, автоматизирующие конкретные функции управления.

Техническая база АСУ включает средства, обеспечивающие сбор (датчики, средства наблюдения и контроля и т.д.), обработку (электронно-вычислительные системы, микропроцессорные устройства и т.д.), хранение, регистрацию, отображение информации (системы аудио- и видеозаписи, видеостены и др.), передачу данных (телекоммуникационные системы), исполнительные механизмы, непосредственно воздействующие на объекты управления (например, автоматические регуляторы, системы пожаротушения и дымоудаления и т.д.), а также средства, обеспечивающие выработку регулирующих сигналов во всех контурах автоматизированного управления производством. Основные элементы технической базы – ЭВМ, которые обеспечивают накопление, хранение и обработку данных, циркулирующих в АСУ. ЭВМ позволяют оптимизировать параметры управления, моделировать процессы, подготавливать предложения для принятия решения. В качестве современных ЭВМ используется компьютерная техника.

Информационное обеспечение АСУ в автоматизированных системах – это совокупность единой системы классификации и кодирования информации, унифицированных систем документации и информационных массивов. Информационная база АСУ – размещенная на машинных носителях информации совокупность всех данных, необходимых для автоматизации управления объектом или процессом.

Математическое обеспечение АСУ – совокупность алгоритмов и программ, необходимых для управления системой и решения с ее помощью задач обработки информации вычислительной техникой. Другими словами, это комплекс программ регулярного применения, обеспечивающих взаимодействие человека с техническими средствами АСУ. Математическое обеспечение условно можно подразделить на систему программирования и программное обеспечение.

Под *организационно-экономической базой* понимается совокупность экономических принципов, методов организации производства и управления, схем взаимодействия задач управления на основе правовых документов.

Общий принцип работы АСУ можно описать следующим образом (рис. 5.1). От объекта (пользователя) поступают данные об обстановке от систем наблюдения или диагностики, аварийные сигналы от датчиков (регистраторов), команды

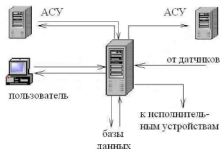


Рис. 5.1. Функциональная схема АСУ

пользователя и т.д. Информационно-вычислительное устройство обрабатывает данные по определенному алгоритму, используя при этом БД или эталонные данные. Результаты обработки информации (ответ на запрос) поступают в подсистемы отображения информации, управляющие команды подаются на исполнительные устройства и т.д. Все события (действия оператора, аварийные и текущие измерения, изменения входных и выходных па-

раметров и данных, срабатывания защит и т.д.) заносятся в защищенную БД, которая доступна только для просмотра и анализа.

Следует констатировать тот факт, что АСУ, внедряемые в различных подразделениях и службах, отвечающих за безопасность жизнедеятельности человека, далеко не всегда соответствуют необходимым требованиям в плане эффективности. К сожалению, внедряя технический комплекс, разрабатывая рабочие программы и связанные с ними формы и состав информационных массивов, исполнители исходят из своих возможностей, прежде всего финансовых. Поэтому необходимо искать механизм и определять разумную степень типизации в плане централизованной разработки программных продуктов и внедрения технических средств АСУ.

5.3. Информатизация и автоматизация при решении задач пожарной безопасности

Цель автоматизации решения задач пожарной безопасности и принятия соответствующих управленческих решений - типовая: повышение производительности и эффективности труда. Уже сегодня без автоматизации очень труд-

но проводить работу по диспетчеризации, осуществлению расчетных задач, подготовке донесений, отчетов, другой информации [1].

Информационные системы и технологии в системе пожарной безопасности предназначены для обеспечения справочной информацией сотрудников любого уровня, а также автоматизации решения задач пользователей в соответствии с выполняемыми функциями. Основная цель внедрения информационно-вычислительных систем - это удовлетворение информационных потребностей пользователей всех звеньев системы управления. Типовая задача, решаемая с помощью средств автоматизации и информатизации настоящее время, - обработка деловой информации (автоматизированный сбор, хронометрирование, сортировка, накопление, документирование и хранение сведений).

Применение ИТ в деятельности подразделений пожарной охраны и противопожарной защиты позволяет автоматизировать операции по обработке документации, оперативно обеспечить пользователей достоверной информацией, организовать удаленный доступ к имеющимся банкам данных и базам знаний, скоординировать функции и задачи различных служб, а также освободить время для занятий творческой производственной работой. Благодаря применению современных ИТ значительно сокращается время обработки и уменьшается время поиска информации, и, как следствие, пользователь в значительной мере освобождается от рутинной, но обязательной работы по поиску и обработке информации, а также по составлению различного рода отчетностей и документов.

В органах управления нашло применение множество прикладных программ узкой ориентации: для поддержки административно-управленческой (автоматизированное рабочее место (АРМ) «Кадры»), справочная автоматизированная информационная система (АИС) «Консультант» и т.д.) и служебно-оперативной деятельности (АРМ «Гарнизон», АРМ «Диспетчер ЦУС» и др.).

Состав и назначение некоторых программных средств (ПС), имеющихся в Фонде программных средств Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны (ВНИИПО), представлены в табл. 5.1.

Совершенствование информационного обеспечения при обеспечении пожарной безопасности на современном этапе заключается в расширении масштабов применения АРМ в оперативно-служебной деятельности подразделений, обеспечивающих пожарную безопасность объектов и населенных пунктов.

Результатом внедрения систем информатизации и автоматизации в системе пожарной безопасности должно явиться:

- уменьшение материального ущерба от пожаров, затрат на ликвидацию пожаров;
- снижение числа несчастных случаев и гибели людей на пожарах;
- уменьшение ошибок в действиях диспетчерского персонала, служб пожаротушения при ликвидации пожаров;
- повышение эффективности использования средств связи, сигнализации, специальной техники и т.д.;

- улучшение качества работы пожарного надзора; повышение уровня пожарной безопасности объектов и населенных пунктов;
- оптимизация затрат на содержание подразделений противопожарной службы; повышение эффективности организационной и хозяйственной деятельности подразделений противопожарной службы.

Таблица 5.1

Описание программных средств АРМ

Наименование программного средства	Назначение программного средства
АРМ «Диспетчер ЦУС»	Автоматизация оперативной работы диспетчерского персонала ЦУС по высылке сил на ликвидацию пожаров, информационно-справочная поддержка дежурной службы пожаротушения (состав и наличие техники, расположение улиц города, наличие водоисточников и исправность пожарных гидрантов и т.д.).
АРМ «Гарнизон»	В дополнение к задачам, реализуемым АРМ «Диспетчер ЦУС», расширены информационно-справочные функции (имеется возможность получить информацию о физико-химических свойствах более 2000 веществ, средствах их тушения и защиты личного состава).
АРМ «Привлечение сил и средств»	В дополнение к задачам, реализуемым АРМ «Гарнизон», позволяет решать задачи тушения пожаров в сельской местности.
ПС «Пена»	Автоматизация расчета по выбору типа пенообразователя и нормативной интенсивности его подачи в зависимости от компонентного состава горючего, включая различные смеси нефти и газовых конденсатов, продуктов их переработки, а также температурного режима к моменту начала тушения. Учитывается продолжительность свободного горения, подготовки пенной атаки и количество горючего в резервуаре или проливе.
ПС «Резервуар»	Информационное обеспечение РТП при подготовке планов пожаротушения и непосредственно при тушении пожаров в резервуарах. Содержит и выдает в диалоговом режиме информацию по основным типам резервуаров, нефтепродуктам, отечественным и импортным пенообразователям. Осуществляет расчет сил и средств в зависимости от вида продукта горения и огнетушащего вещества, в т.ч. при тушении после длительного свободного горения.
ПС «Дежурная служба»	Автоматизация расчета сил и средств при разработке планов пожаротушения для объектов различного назначения.
Программный комплекс «Экспертиза»	Проверка проектной документации зданий и сооружений различного назначения в части соответствия противопожарным нормам, получение справочной информации по требованиям пожарной безопасности нормативных документов в области строительства (СНиП, СП, ВСН, ПУБ, НПБ и т.п.), проведение расчетов по проектным решениям.

Пока, к сожалению, системы автоматизации и информатизации, используемые в подразделениях и органах управления служб и организаций, обеспе-

чивающих пожарную безопасность в городах и населенных пунктах, в основном реализуют лишь первый уровень автоматизации процессов управления: применение автоматизированных информационных систем. Второй уровень автоматизации управления - применение автоматизированных информационно-расчетных систем по ряду направлений деятельности - реализован в виде узко-специализированных АРМ сотрудников. Перспективой являются комплексные автоматизированные системы управления, относящиеся к третьему, самому высшему уровню автоматизации процессов управления.

6. ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДОВ И НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

В настоящее время служба связи является одним из видов деятельности органов управления и подразделений МЧС на местах и в целом. *Служба связи* - это структурные подразделения связи, а также вид деятельности по обеспечению связью оперативных (пожарных, спасательных, специальных) подразделений, территориальных и местных органов управления с целью повышения эффективности их функциональной деятельности [1].

Основными направлениями деятельности службы связи в структуре любой организации являются:

- создание единой системы связи в соответствующем территориально-структурном образовании;
- эффективное комплексное применение ТСС использующих различные физические принципы обработки и передачи информации;
- квалифицированная техническая эксплуатация ТСС, с целью поддержания их в работоспособном состоянии и постоянной готовности к применению.

Структурными элементами служб связи могут быть подразделения и мобильные средства, предназначенные для осуществления функций связи: штатные подразделения связи, центры (пункты) управления и узлы связи, а также специальные ремонтные подразделения, посты технического обслуживания и ремонта, подвижные мастерские связи и др.

В задачи службы связи входит обеспечение в гарнизоне надежного функционирования и развития систем связи, АСУ, ЛВС, специализированных программно-технологических комплексов и других элементов современных информационных технологий, а также организация приобретения, разработки, внедрения, адаптации автоматизированных систем, автоматизированных рабочих мест, прикладных программ.

В деятельности пожарно-спасательных подразделений служба связи имеет свои специфические задачи и функции, определяемые назначением и условиями деятельности соответствующих подразделений:

6.1. Единые дежурно-диспетчерские службы городов

Жизнь современного человека сопровождается явлениями и ситуациями, негативно влияющими на его эмоциональное, психическое и даже физическое состояние. К таким явлениям относятся различные ЧС природного и техногенного характера. В последнее время участились случаи террористической направленности. В одиночку человек, чаще всего, не способен самостоятельно принять правильное решение о последующих действиях. Не являются исключением из этого списка и пожары [1].

Для решения подобного рода задач, предупреждения таких ситуаций во всем мире существуют различные объединения, в наиболее развитых странах мира они являются специализированными. На долю рядового человека в большинстве случаев возлагается сообщение о подобной ситуации (происшествии) в соответствующую службу.

Целью создания *Единых дежурно-диспетчерских служб* (ЕДДС) города является повышение готовности администрации и служб городов к реагированию на угрозу или возникновение ЧС, создание условий для более эффективного взаимодействия привлекаемых сил и средств городских служб при их совместных действиях по предупреждению и ликвидации ЧС.

ЕДДС предназначены для выполнения следующих функций:

- прием от дежурно-диспетчерских и других городских служб информации о сложившейся обстановке в городе (запасах топлива, продовольствия, скопившихся вагонах на железнодорожных станциях, состоянии городских коммуникаций и т.п.), ее обобщение, анализ с точки зрения возможных возникновений ЧС и представление в виде обобщенного документа главе города;
- прием от населения и организаций сообщений о любых чрезвычайных происшествиях, несущих информацию об угрозе или факте возникновения ЧС природного и техногенного характера (пожар, авария, обрушение, затопление и т.д.);
- сбор информации от дежурно-диспетчерских служб, а также служб контроля и наблюдения (систем мониторинга) за окружающей средой, распространение между ДДС города полученной информации об угрозе или факте возникновения ЧС, сложившейся обстановке и действиях сил и средств по ликвидации ЧС. В части систем мониторинга следует особо выделить задачи контроля психофизиологического состояния операторов потенциально опасных объектов, контроль состояния промышленных и жилых строений в части пожара, утечек газа или воды и т.п., а также экспресс-оценки несущих конструкций строений при помощи специальных датчиков;
- анализ и оценка достоверности поступившей информации, доведение ее до сведения дежурно-диспетчерских служб (ДДС), в компетенцию которых входит реагирование на принятое сообщение;

- обработка и анализ данных о ЧС, определение ее масштаба и уточнение состава оперативных подразделений, привлекаемых для немедленного реагирования и их оповещение;

- обобщение, оценка и контроль данных об обстановке, принятых мерах по ликвидации ЧС, подготовка и коррекция заранее разработанных и согласованных с городскими службами вариантов управленческих решений по ликвидации ЧС, принятие экстренных мер и необходимых решений (в пределах, установленных вышестоящими органами полномочий);

- информирование ДДС, привлекаемых к ликвидации ЧС, подчиненных сил постоянной готовности об обстановке, принятых и рекомендуемых мерах;

- представление докладов (донесений) об угрозе или возникновении ЧС, сложившейся обстановке, возможных вариантах решений и действиях по ликвидации ЧС (на основе ранее подготовленных и согласованных планов) вышестоящим органам управления по подчиненности;

- доведение задач, поставленных вышестоящими органами единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС), до ДДС и подчиненных сил постоянной готовности, контроль их выполнения и организация взаимодействия;

- обобщение информации о ЧС, происшедших за сутки дежурства, ходе работ по их ликвидации и представление соответствующих докладов по подчиненности.

Первоначально планировалось создавать ЕДДС на базе оперативных дежурных служб органов управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям (ГОЧС) субъекта Российской Федерации. После присоединения Государственной противопожарной службы к МЧС России появилась возможность маневра и размещения ЕДДС в центрах управления силами (ЦУС) ГПС. При этом телефонный номер «01» стал использоваться как единый телефонный номер ЕДДС. В то же время для обращения граждан к диспетчерской службе ЕДДС Министерством Российской Федерации по связи и информатизации был рекомендован телефонный номер «112», который принят как единый телефонный номер служб спасения в странах Западной Европы. Следует иметь в виду, что создание ЕДДС – это долгосрочный проект и до полной его реализации в городских телефонных сетях будет действовать существующий порядок приема сообщений о происшествиях по телефонам экстренного вызова «01», «02», «03» и «04».

Экономический эффект от внедрения ЕДДС определяется снижением возможного социально-экономического ущерба от ЧС (санитарных и безвозвратных потерь населения, утраты материальных и культурных ценностей), достигаемого на основе повышения оперативности совместных действий городских служб, их координации, оптимального использования имеющихся сил и средств постоянной готовности.

Определяя долгосрочную программу безопасного функционирования предприятий (объектов) города, необходимо тесно увязывать ее с наличием или

созданием в городе ЕДДС. При этом особенно важно адаптировать оборудование, связь и программные комплексы предприятий (объектов) с аналогичными системами ЕДДС. Эту работу нужно делать поэтапно, планомерно и в тесном взаимодействии с органами управления ГОЧС города.

Головной организацией по разработке технического, информационного, программного и другого обеспечения ЕДДС в субъектах и городах Российской Федерации является ФЦ ВНИИ ГОЧС МЧС России, усилия которого направлены на реализацию комплекса организационно-технических мероприятий по следующим основным направлениям:

- формирование принципов построения и организации функционирования ЕДДС, обеспечивающих координацию деятельности сил и средств;
- разработка нормативно-правовой базы;
- адаптация разработанных им и принятых МЧС России типовых технических проектов и типового специального программного и информационного обеспечения для ЕДДС различных типов городов России под задачи конкретных городов Российской Федерации;
- создание телекоммуникационной среды, обеспечивающей возможность совместных действий ЕДДС;
- создание информационных ресурсов.

6.2. Системы связи городов РФ

Для нормального функционирования ЕДДС необходимо построение соответствующей системы связи. Связь в городах и населенных пунктах осуществляется по сетям проводной и радиосвязи. Основу системы связи городов составляют телефонные сети городов, на базе которых строятся проводные сети различных организаций и ведомств. На этой же базе строится сеть телефонной связи по специально выделенным линиям укороченной значности для связи любого абонента ГАТС со службами экстренного реагирования через узел специальной связи [1].

Наиболее развитая ведомственная инфраструктура сетей связи в городах РФ – система связи пожарно-спасательных формирований гарнизонов МЧС (ПСФ), обеспечивающих в том числе и пожарную безопасность городов и населенных пунктов. Система связи является важнейшей составной частью инфраструктуры системы управления и совместно с автоматизированной системой управления составляет техническую базу информатизации и автоматизации деятельности органов управления и подразделений, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности человека.

В целом, *система связи ПСФ* – это совокупность способов и принципов организации связи, обеспечивающая управление подразделениями в оперативной и повседневной деятельности. Система связи городов имеет разветвленную структуру на базе стационарных и подвижных узлов (пунктов) связи, обеспечивающих управление пожарно-спасательными подразделениями и оборудован-

ных ТСС в соответствии со своим назначением. Стационарными объектами связи гарнизона являются стационарные узлы (пункты) связи, ретрансляционные и усилительные пункты. Для реализации схем организации связи, кроме того, используются различные антенно-мачтовые или кабельные сооружения как ведомственные, так и арендованные.

Главным организующим и управляющим звеном при решении задач предупреждения и ликвидации ЧС и их последствий в субъектах РФ является ЦУКС (центр управления в кризисных ситуациях), в состав которого входит ЦУС (центр управления силами), являющийся органом управления при тушении пожаров. ЦУС организуется в населенных пунктах с числом пожарно-спасательных частей не менее двух. Коммуникационной основой ЦУС является центральный диспетчерский пункт связи (ЦДП). На базе ЦУСов с июня 2003 года в субъектах Российской Федерации начала функционировать единая служба спасения (ЕСС). Номер экстренного вызова этой службы стал телефонный номер пожарной охраны «01». В подразделениях нижнего звена (отрядах, частях, учебных центрах, центрах мониторинга и др.), дислоцированных отдельно организуются свои стационарные узлы связи – пункты связи подразделений (ПСП).

Все пункты связи оборудованы системами отопления, электроснабжения, освещения, вентиляции и другими техническими системами, которые позволяют обслуживающему персоналу этих пунктов связи успешно выполнять свои функциональные обязанности. Кроме того, системы электроснабжения стационарных пунктов связи должны иметь резервирование, т.е. пункты связи должны быть оборудованы автономными установками электропитания.

Подвижные объекты (автомобили, катера, поезда, вертолеты, самолеты) также оснащены средствами связи. Как правило, транспортные средства оснащены средствами радиосвязи и, кроме того, сигнальными установками, предназначенными для предупреждения окружающих о движении специального транспортного средства. На базе специализированных автомобилей (например, автомобиля связи и освещения (АСО), автомобиля связи (АС) или штабного автомобиля (АШ)) в районе ЧС может организовываться временный пункт связи – подвижной (мобильный) узел связи (ПУС (МУС)), на базе которого при необходимости может функционировать передвижной пункт управления. В связи с увеличением круга задач, для решения которых привлекаются пожарные подразделения, функции мобильных специальных узлов связи и управления расширились. Соответственно это привело к необходимости модернизации оборудования связи как мобильных, так и стационарных объектов связи.

Сеть проводной связи гарнизона организуется на базе местных и междугородних линий связи Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации и иных организаций с использованием их сооружений и объектов связи, а также ведомственных сооружений и объектов связи. Сеть проводной связи ПСФ имеет в своем составе:

- сеть телефонной связи по специально выделенным линиям «01» для связи любого абонента ГАТС с диспетчером ЦДП;

- сеть прямых телефонных линий для соединения ЦДП со стационарными пунктами связи, особо важными объектами и службами жизнеобеспечения города;
- сеть телеграфной и факсимильной связи для документирования передаваемой информации;
- сеть передачи данных и сигналов дистанционного управления.

Большая часть всех проводных линий в гарнизонах используется на правах аренды. Основная часть технической эксплуатации сооружений и ЛС осуществляется соответственно операторами-поставщиками услуг связи в городах и субъектах Российской Федерации. На соответствующих должностных лиц гарнизонов в этом направлении деятельности возлагается решение вопросов, связанных с контролем и проверкой качества связи, организуемой по этим проводным каналам связи, а также с нормативно-юридическим оформлением соответствующих процедур.

В зависимости от типов радиостанций, условий прохождения радиосигналов, наличия помех и расстояний между пунктами связи схема радиосвязи может строиться по принципу радиосети или по принципу радионаправлений. Совокупность радиосетей и радионаправлений образует общую сеть радиосвязи. Радиосеть образуется при работе с общими радиоданными трех и более радиостанций. В радионаправлении между собой работает только две радиостанции. Практически все подразделения наземных служб работают в радиосетях. Радионаправления используются для организации прямых каналов с отдельными пунктами и на практике, чаще всего, организуются с помощью систем коротковолновой или спутниковой связи. В каждой радиосети назначается главная радиостанция. При наличии в гарнизоне нескольких радиосетей и радионаправлений радиосредства могут объединяться в самостоятельные пункты радиосвязи, которые являются составными частями пунктов связи. Схема радиосвязи (количество радиосетей и радионаправлений, территориальное расположение, назначение радиоданных и т.д.) организуется применительно к местным условиям с учетом тактико-технических возможностей применяемых радиостанций и электромагнитной обстановкой на данной территории.

С учетом существующей организационной структуры, характера выполняемых задач и необходимости взаимодействия пожарно-спасательных подразделений как между собой, так и со службами других министерств и ведомств при ликвидации ЧС и их последствий в территориальных гарнизонах возможно развертывание следующих радиосетей:

- радиосети, работающей на частоте F1 (плюс F2 - резерв), для обеспечения радиосвязи между стационарными пунктами связи;
- радиосети, работающей на частоте F3, для обеспечения связи ЦДП с пожарными автомобилями, находящимися в пути следования, и подразделениями, работающими на месте ЧС;
- радиосети, работающей на частоте F4, для управления силами и средствами, обеспечения их взаимодействия и обмена информацией на месте ЧС;

- радиосети, работающей на частоте F5, для обмена данными между ЦДП и ПСП, а также обмена данными с подразделениями, работающими на местах ЧС (передача приказов, распоряжений в подразделения, информационная поддержка РТП при принятии решений);
- радиосети, работающей на частоте F6, для персонального вызова личного состава подразделений и органов управления, находящегося на отдыхе, а также для оповещения всего личного состава;
- радиосети, работающей на частоте F7, для обеспечения административно-управленческой деятельности.

Кроме этого, необходимо иметь радиочастоты для организации взаимодействия с медицинскими, аварийными и иными службами жизнеобеспечения, а также подразделениями для обеспечения охраны общественного порядка. При организации радиосвязи абонентам любых служб и ведомств назначаются радиоданные. В настоящее время радиосети служб города, в т.ч. ПСФ, являются сугубо ведомственными, имеющими свою техническую, организационную и нормативную базу, что создает определенные неудобства при организации связи во время совместных действий. Для решения задач в этой области деятельности возможно в ближайшем будущем использование ресурсов транкинговых радиосетей.

Система связи, правильно организованная, построенная с учетом всех особенностей структуры и деятельности пожарно-спасательных формирований, обеспечивает всестороннее осуществление мониторинга деятельности, способствует своевременному приему верных управленческих решений и позволяет своевременно доводить их до соответствующих лиц. Выбор того или иного вида связи для решения поставленных задач зависит от возможностей, характеристик, достоинств и т.д. различных видов связи. Комплексное применение средств и систем электросвязи, использующих различные физические принципы обработки и передачи информации, путем создания общей системы связи, охватывающей все подразделения, обеспечивает служба связи.

6.3. Организация пунктов связи

К типовым стационарным пунктам связи, входящим в систему связи пожарной охраны, относятся ЦДП и пункты связи подразделений.

На ЦДП возлагается обеспечение выполнения следующих функций [1]:

- оперативный прием сообщений о ЧС;
- оперативная высылка подразделений к местам ликвидации ЧС и их последствий;
- управление подразделениями при ликвидации ЧС и их последствий;
- своевременное и достоверное информирование должностных лиц о ходе ликвидации ЧС и их последствий;
- обеспечение взаимодействия подразделений МЧС со службами жизнеобеспечения и другими организациями;

- информационная поддержка подразделений, участвующих в ликвидации ЧС и их последствий;
- контроль радиодисциплины в гарнизоне;
- оповещение личного состава в необходимых случаях;
- обеспечение оперативного учета техники гарнизона.

В ряде случаев дополнительными задачами может быть мониторинг обстановки (сбор, обработка, анализ данных о предпосылках возникновения ЧС) и передача информации о возможности возникновения ЧС соответствующим должностным лицам, организациям, службам.

Пункт связи пожарно-спасательного подразделения (ПСП) создается в каждом подразделении, территориально расположенном отдельно от ЦДП, и выполняет следующие функции:

- прием сообщений о пожарах, поступающих непосредственно от работников объектов или от граждан с последующей передачей этой информации в ЦДП;
- прием приказов от диспетчера ЦДП о выезде на пожары и другие ЧС;
- высылку боевых расчетов на тушение пожаров, ликвидацию ЧС;
- поддержание радиосвязи с транспортными средствами части.

ЦДП является неотъемлемым элементом ЦУС, для нормального функционирования которого предусматривается:

- диспетчерский зал, где размещаются рабочие места диспетчеров с техническими средствами связи и средствами отображения информации;
- аппаратную, где устанавливается коммутационное оборудование, аппаратура звукозаписи и другое оборудование;
- агрегатную, в которой устанавливаются резервные источники электропитания;
- помещения оперативных служб;
- бытовые помещения для обеспечения жизнедеятельности дежурных смен;
- служебные кабинеты должностных лиц.

Рабочее место диспетчера (РМД) (рис. 6.2) стационарного пункта представляет собой место, оборудованное определенными техническими средствами и системами в соответствии со спецификой и выполняемыми функциями данного диспетчера.



Рис. 6.2. Комплекс технических средств центрального диспетчерского пункта связи

Основным техническим устройством РМД является пульт проводной диспетчерской связи (система телефонной связи) с подключением к ней:

- специальных входящих линий «01»;
- прямых линий телефонной связи с подразделениями, с наиболее важными объектами города, со специальными службами и организациями города и административными органами;
- соединительными линиями с ГАТС;
- внутренних телефонных линий для связи с должностными лицами.

Система проводной диспетчерской связи подразделений не предусматривает подключение специальных входящих линий «01» и в плане выполняемых задач требует меньшее количество прямых линий.

Кроме того, РМД оборудуется стационарными радиостанциями из расчета одна радиостанция на каждую радиосеть или радионаправление с необходимым количеством резервных радиостанций (как правило, одна резервная радиостанция на 2-3 рабочих частоты). При реализации схемы радиосвязи с использованием систем транкинговой радиосвязи количество радиостанций может быть снижено без ущерба надежности по резервированию каналов связи.

Для оповещения личного состава в здании может быть установлен стационарный вариант аппаратуры ГТС с установкой микрофонов, а также устройств управления на РМД. Для высылки караула по тревоге в пожарно-спасательных подразделениях на базе стационарной системы ГТС используются системы тревожной сигнализации.

Для реализации информационного обеспечения деятельности диспетчерского персонала могут применяться средства информатизации и автоматизации (ПК, коллективные средства отображения информации и др.). Для информационного обеспечения подразделений, работающих на месте ЧС, РМД дополнительно оборудуется радиостанцией с соответствующей аппаратурой передачи данных по радиоканалу (контроллером, радиомодемом и т.д.).

Обязательным элементом комплекса оборудования центрального пункта связи является аппаратура регистрации информации (аппаратура аудиозаписи). Ее основное назначение - документирование действий диспетчерского персонала и других должностных лиц, взаимодействующих с диспетчером, при возникновении пожара или другой ЧС. Современные технологии позволяют осуществлять запись переговоров, ведущихся по линиям связи в автоматическом режиме. Это позволяет уменьшить нагрузку на диспетчерский персонал и избежать пропуска фиксации информации диспетчером.

При организации нескольких рабочих мест возникает необходимость работы оборудования в параллельном режиме, что дает возможность обработки любого вызова любым диспетчером. В соответствии с этим целесообразно оборудовать РМД однотипными техническими средствами, что позволяет исключить неполадки в работе оборудования из-за различных технических несоответствий. Кроме того, при такой организации рабочих мест диспетчерского персонала осуществляется как минимум 100 % резервирование аппаратной части. При организации нескольких диспетчерских мест ряд систем электрической связи индивидуального пользования (например, факсимильный аппарат) устанавливается лишь на одном из рабочих мест без дублирования на других РМД.

Одной из составных частей ЦУС может являться центральный пункт радиосвязи (ЦПР). ЦПР создается при крупных ЦУС, где предусмотрено большое количество радиосетей и радионаправлений, и располагается в отдельном помещении. ЦПР оборудуется средствами радиосвязи, а также аппаратурой звуко-

записи и выполняет все функции ЦУС, для которых предусмотрено применение средств радиосвязи. При автономном функционировании ЦПР соединяется с диспетчерским залом прямым телефонным каналом.

Кроме того, на ПСП устанавливаются приемные аппараты электрической пожарной сигнализации.

На вооружении подразделений пожарной охраны находится автомобиль связи и освещения (АСО) - специальный пожарный автомобиль, предназначенный для доставки к месту пожара личного состава отделения связи и оборудования связи. Кроме того, АСО может использоваться как электростанция, которая обеспечивает электроэнергией осветительные приборы и электроинструменты, применяемые на месте пожара, в пределах своих технических характеристик. АСО оснащен генераторной установкой мощностью 8-20 кВт (в зависимости от модификации).

Существует несколько модификаций АСО, имеющих примерно однотипный состав оборудования. Транспортной базой являются различные типовые автотранспортные средства, в основном имеющиеся и на вооружении Министерства обороны (ГАЗ-66, КАМАЗ и др.) Ниже приведен типовой состав оборудования связи АСО - 8(66) (рис. 6.3).

- УКВ радиостанции (в количестве 2 шт.) для поддержания радиосвязи в пути следования, организации радиосети на месте пожара и передачи информации на ЦУС. При организации радиосвязи на месте стоянки может использо-



Рис. 6.3. Внешний вид АСО - 8(66)

ваться телескопическая мачта, максимальная высота поднятия которой составляет 12 м. Установка на мачте стационарной антенны из комплекта АСО позволяет значительно увеличить дальность связи.

- Носимые или портативные УКВ радиостанции (в количестве 3-6 шт.) предназначены для организации радиосвязи между штабом и боевыми участками.

- КВ радиостанция для обеспечения радиосвязи с ЦДП при выезде за пределы зоны УКВ радиосвязи. Такие радиостанции применяются в гарнизонах, имеющих большую территорию (Карелия, Сибирь, Дальний Восток и т.д.). КВ радиосвязь может быть использована для обмена сообщениями с другими ведомствами, использующими в своей работе коротковолновый диапазон радиосвязи. Обеспечение КВ радиосвязи в основном предусмотрено

при неподвижном АСО из-за значительных габаритов антенного оборудования. Предусмотрен выносной вариант применения КВ радиостанции.

- Телефонный коммутатор на 10 номеров типа П-193М (П-193М2) для организации местной телефонной сети на месте пожара. Телефонная сеть наиболее эффективна при работе большого количества радиостанций на одной частоте. Применение средств телефонной связи уменьшает занятость эфира, повышая в целом оперативность передачи сообщений на пожаре. На коммутатор заводится 1-2 линии городской телефонной сети или в штабе пожаротушения устанавливается телефонный аппарат системы ЦБ, подключенный к городской телефонной сети.

- Переносные телефонные аппараты типа ТА-57 (в количестве до 8 шт.), являющиеся оконечными устройствами телефонной сети. Устанавливаются они в штабе пожаротушения, на боевых участках, в удаленных автонасосах и других местах по указанию РТП.

- Катушки с кабелем (4-6 шт. длиной 200-300 м каждая). Используются для прокладки линий местной телефонной связи и подключения к городской телефонной сети.

- Звукоусилительная установка. Применяется для звукофикации боевых участков. Для этого могут использоваться выносные громкоговорители мощностью 10-50 Вт, устанавливаемые на боевых участках, и выносные микрофоны, устанавливаемые в штабе пожаротушения. Усилительный блок смонтирован в кузове автомобиля. Для подключения к усилителю громкоговорителей и микрофонов применяются катушки с кабелем.

- Электромегалофоны (в количестве 2-4 шт.). Используются для передачи коротких распоряжений РТП, НШ и другими должностными лицами.

- Магнитофон предназначен для записи переговоров по радиоканалам.

Питание потребителей электрическим током осуществляется через специальный щит питания (ЩАЗ – щит автоматической защиты), который обеспечивает работу оборудования связи от собственной генераторной установки, а также и от внешней промышленной сети переменного тока напряжения 220 или 380 В. Подключение выносного осветительного оборудования и электроинструментов к источнику напряжения осуществляется с помощью силового кабеля, имеющегося в комплекте АСО. Щит автоматической защиты выполняет и роль защитно-отключающего устройства при перегрузке фаз, коротком замыкании или попадании высокого напряжения на корпус автомобиля. Аппаратура связи может питаться от АКБ, которые обеспечивают работу средств связи в течение 4-6 часов. Для буферной подзарядки АКБ предусмотрен выпрямительный блок.

Для создания благоприятных условий функционирования аппаратуры связи и работы обслуживающего персонала АСО оснащен вентиляционной и отопительной установками.

6.4. Автоматизированная система оперативного управления пожарно-спасательными формированиями

На сегодняшний день несколько преждевременно говорить о сложившихся и устойчиво функционирующих автоматизированных системах оперативного управления комплексного назначения ввиду того, что организационно-техническая реализация таких проектов – затратный по времени и финансам процесс – пока не имеет целостного воплощения. Но, тем не менее, ряд процессов уже автоматизирован, и имеются предпосылки для построения соответствующих систем управления. С учетом достижений технического прогресса функционирование АСОУ ПСФ может быть описано следующим образом [1].

По статистике большинство сообщений о пожаре и других ЧС передается с телефонов ГТС (в настоящее время по линиям «01»). При поступлении сигнала на ЦДП срабатывает автоответчик, являющийся одной из функций современных систем диспетчерской связи и работающий в автоматическом режиме.

Устройство автоматики обеспечивает при каждом вызове по линиям «01» воспроизведение фразы «Служба спасения». Процесс воспроизведения позывного должен контролироваться диспетчером. Работа автоответчика может осуществляться в различных режимах. При наличии сигнала «отбой» или при отсутствии сигнала (речевого или тонального) система автоответа автоматически осуществляет «разрыв соединения» без «оповещения» диспетчера. Если сигнал имеется (вызывающий абонент не положил телефонную трубку на рычаг аппарата), то автоответчик «сообщает» диспетчеру о наличии заявителя и диспетчер вступает в диалог с вызывающим абонентом. Автоответчик позволяет уменьшить количество вызовов за счет исключения ложных срабатываний задействованной аппаратуры, а также вызовов, поступающих к диспетчерскому персоналу в случае «ошибочного» соединения, и, как следствие, снизить занятость диспетчерского персонала.

Следует иметь в виду, что на ЦДП может быть установлено несколько пультов оперативной связи, служащих для приема сообщений о ЧС. Чтобы обеспечить равномерную нагрузку на каждого диспетчера при приеме заявок, на ЦДП устанавливается распределитель вызовов, обеспечивающий поочередное подключение РМД к ЛС, по которым поступают сигналы вызова.

На современном этапе организация ДДС на ЦДП в большинстве субъектов РФ пока предусматривает разделение функций диспетчерского персонала по приему сообщений о пожаре и других ЧС. При сообщении о ЧС, не связанной с пожаром, заявитель передается оперативному дежурному службы спасения. При поступлении сообщения о пожаре диспетчер производит регистрацию пожара с оповещением должностных лиц службы пожаротушения. Служба спасения и служба пожаротушения на данный момент являются параллельно действующими структурами ЦУС.

Регистрация любого пожара осуществляется с помощью подсистемы «Прием заявки о пожаре». В процессе приема заявки диспетчер выясняет: адрес пожара, что горит, фамилию заявителя и номер телефона, с которого производится вызов. Диспетчер, пользуясь клавиатурой, вводит в систему в соответствующие поля информацию о пожаре.

При соответствующем обеспечении от диспетчера может потребоваться только выбор адреса и «типового» объекта горения (подвал, крыша, квартира и т.д.) из списка, предложенного системой. По введенному адресу в соответствии с расписанием выезда автоматизированная поисковая подсистема производит выбор и выводит на экран состав пожарной техники, высылаемый на этот объект. В случае отсутствия в ближайшей к месту пожара части требуемой техники поиск необходимой техники производится в других ближайших частях. Список высылаемой техники может дополнительно корректироваться, и окончательный состав пожарной техники определяется диспетчером.

Одновременно диспетчеру системой предоставляется информация о характеристиках объекта (этажность, наличие подвала или чердака, степень огнестойкости здания, наличие людей, сильнодействующих ядовитых веществ) и другая имеющаяся в базе данных информация. Прием заявки завершается формированием приказа на выезд при нажатии соответствующей кнопки окна программы (рис. 6.4).

Рис. 6.4. Окно программы подсистемы «Прием заявки о пожаре»

С помощью автоматизированной информационно-поисковой системы могут быть предоставлены и некоторые данные о заявителе. При сопряжении системы определения номера с автоматизированной информационно-поисковой системой или ГИС (а такой вариант технически возможен) диспетчеру оперативно может быть представлена информация (место установки ТА или таксофона, его номер) путем отражения информации на экране ПК или средствах отображения коллективного пользования. Данная информация помогает диспетчерскому персоналу выявлять ложность сведений заявителя. Автоматическое определение номера абонента может быть реализовано как одна из функций системы проводной диспетчерской связи, поэтому, чтобы избежать дублирования данной и возможно других функций (неоправданные затраты), необходимо учитывать возможности всего комплекса оборудования при оснащении (модернизации) пункта связи.

АСОУ ПСФ, обработав информацию, формирует приказ на выезд выбранной диспетчером техники, передает его по каналам связи в комплекс технических средств части. Контроль исполнения приказа на выезд осуществляется через КС по сигналам от датчиков, установленных на транспортных средствах. Датчики могут входить в состав подсистемы определения месторасположения объектов.

В дальнейшем в отдельном окне в автоматизированном режиме формируется отчет о пожаре (временные точки (прибытия, подачи первого ствола, локализации и ликвидации пожара), задействованные силы и средства и т.д.).

АСОУ ПСФ может работать в режиме автоматического приема сигналов о пожаре с аппаратуры пожарной сигнализации (АПС), установленной на объектах. В этом случае сигнал, поступивший с АПС, направляется непосредственно в ПК, минуя диспетчера. «Заявка» обрабатывается АСОУ ПСФ, и производится высылка подразделений к месту пожара. Этот процесс сопровождается документированием, а диспетчерский состав ЦДП информируется с помощью средств отображения информации о поступлении «заявки» от аппаратуры АПС.

При обработке заявки в автоматизированном режиме диспетчер имеет возможность корректировать состав техники, поэтому при обработке заявки АСОУ ПСФ в автоматическом режиме должна быть исключена возможность ложного срабатывания АПС.

В подразделениях пункты связи, как говорилось выше, оборудуются комплексом технических средств, являющихся составным звеном АСОУ ПСФ гарнизона, и в автоматическом режиме происходит управление соответствующими устройствами. После выбора части с помощью аппаратуры тревожной сигнализации в части подается акустический сигнал тревоги, включаются световые табло, обозначающие вид техники, выезжающей на пожар, происходит озвучивание адреса выезда и т.д. Принтер АРМ диспетчера ПСП печатает путевки для водителей.

Диспетчерский персонал поддерживает связь с личным составом, находящимся на выезде, в основном по радиоканалам. Также по выделенным радиоканалам с помощью возимых комплектов АИС, установленных на транспортных средствах, осуществляется поиск в БД диспетчерских пунктов необходимой для должностных лиц информации. Благодаря этому уменьшается время принятия решений соответствующими лицами в оперативной ситуации, т.к. диспетчер пункта связи как посредник исключен из процесса поиска информации.

Получение значительной части информации диспетчером и другими должностными лицами, в том числе и принимающими управленческие решения по тушению пожаров и ликвидации других ЧС, в настоящее время может реализовываться с помощью ГИС. ГИС, как правило, являются подсистемой АСОУ ПСФ. С помощью ГИС в системе может определяться оптимальный маршрут движения транспортных средств с учетом занятости транспортных магистралей. При сопряжении АСОУ ПСФ с автоматизированной системой регулирования дорожного движения (управление светофорами) может быть обеспечен приоритетный проезд техники по транспортным магистралям города. С помощью ГИС можно получать визуальную информацию о расположении горящего объекта и ближайших водоисточников, о наличии подъездных путей к объекту, взаиморасположении объектов и их поэтажных планов, местонахождении пожарной техники в любой момент и т.д.

На всех этапах функционирования АСОУ ПСФ осуществляет контроль исправности технических средств, линий связи и сигнализации, систем энергоснабжения с выдачей соответствующей информации на средства отображения информации.

Реализация таких систем помимо финансовых затрат потребует идеологическую переоценку многих сложившихся стереотипов, перестройку некоторых принципов управления, пересмотр ряда задач, решаемых подразделениями МЧС в городах и субъектах РФ. В качестве же обобщенного показателя эффективности АСОУ ПСФ можно принять:

$$A = B/C,$$

где B - обобщенный положительный результат применения АСОУ ПСФ за определенный промежуток времени; C - обобщенные затраты на приобретение, установку и эксплуатацию АСОУ ПСФ.

Обобщенный положительный результат применения АСОУ ПСФ можно выразить слагаемыми экономического (B_e) и социального результата (B_c):

$$B = B_e + B_c.$$

Для обеспечения единой размерности обобщенного результата применения АСОУ ПСФ необходимо социальный эффект представить в эквивалентных экономических единицах:

$$B_c = D[\eta(P_d, y)],$$

где D - целое положительное число (например, 10^4), задаваемое для данного региона и зависящее от числа объектов стратегической важности; $\eta(P_d, y)$ - функция показателя социального эффекта, зависящего от плотности людей на еди-

ницу площади P_n и степени опасности для жизни людей при пожарах в данном городе, населенном пункте.

Для практических расчетов должны быть составлены специальные таблицы значений D и η , которые нужны не только для АСОУ ПСФ, но и для объективных оценок деятельности пожарной охраны в целом. Система АСОУ ПСФ является системой многократного действия, и положительный результат ее применения создается при тушении пожаров за счет сокращения времени обслуживания вызовов, выработки и передачи на исполнение управленческих решений, приводящих к раннему началу тушения пожаров за счет выработки наиболее обоснованных управленческих решений, обеспечивающих эффективность тушения пожаров.

Чем больше заявок обслуживает АСОУ ПСФ, чем больше успешно ликвидированных пожаров с помощью АСОУ ПСФ, тем выше ее эффективность:

$$B_{\text{ид}} = \sum_{i=1}^k B_i$$

где B_i - положительный результат, полученный при тушении i -го пожара с помощью АСОУ ПСФ, аппаратурная надежность и надежность диспетчера которой идеальны; k - число пожаров, потушенных при использовании АСОУ ПСФ.

При наличии статистических данных положительный результат может быть определен как разность между предотвращенными убытками при тушении i -го пожара с помощью АСОУ ПСФ B_{ic} (за счет более правильного управленческого решения и сокращения времени начала тушения) и убытками при тушении i -го пожара без АСОУ ПСФ B_{ib} :

$$B_{i0} = B_{ic} - B_{ib}.$$

Реальная АСОУ ПСФ не обладает идеальной оперативной надежностью, поэтому:

$$B = B_{\text{ид}} P_a P_d$$

где $B_{\text{ид}}$ - идеальная надежность АСОУ ПСФ; P_a - аппаратурная надежность АСОУ ПСФ; P_d - надежность диспетчера как составного звена АСОУ ПСФ.

Надежность диспетчера состоит из независимых между собой вероятности безошибочного выполнения своих действий $P_{\text{бощ}}$ и вероятности своевременного выполнения поставленных перед ним задач $P_{\text{св}}$:

$$P_d = P_{\text{бощ}} P_{\text{св}}.$$

Следовательно,

$$B = \sum_{i=1}^k (B_{ic} - B_{ib}) \cdot P_a \cdot P_{\text{бощ}} \cdot P_{\text{св}}$$

Обобщенные затраты складываются из затрат на приобретение (C_n), установку (C_y) и эксплуатацию (C_3) АСОУ ПСФ:

$$C = C_n + C_y + C_3.$$

Величина C_3 - случайная, зависящая от показателей надежности АСОУ ПСФ, как правило изменяющихся во времени. С увеличением срока эксплуатации системы C_3 возрастает за счет затрат на устранение отказов:

$$C_3 = C_0 + C_1 n,$$

где C_0 – затраты на эксплуатацию, не зависящие от показателей надежности;
 C_1 – стоимость устранения одного отказа; n – количество отказов за рассчитываемый период.

С учетом вышеприведенных условий получаем:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^k (B_{ic} - B_{ib}) \cdot P_a \cdot P_{\text{бон}} \cdot P_{\text{он}}}{C_n + C_y + C_0 \cdot n}.$$

Оценку эффективности следует осуществлять за период функционирования в течение года. При этом, чем выше коэффициент эффективности, тем меньше срок окупаемости введенной АСОУ ПСФ.

В заключение следует отметить, что автоматизация решения задач пожарной безопасности должна являться одним из аспектов реализации концепции безопасности жизнедеятельности человека в городах и населенных пунктах. В связи с этим эффективность построения и использования автоматизированной системы безопасности в конкретном городе будет выше при интеграции ресурсов (прежде всего информационных) различных ведомств и организаций в единое информационно-вычислительное пространство.

Контрольные вопросы

1. Что такое электромагнитные волны? В чем особенности распространения радиоволн? Дайте оценку дальности радиосвязи.
2. Каково назначение источников питания? Что такое сетевые источники питания, первичные химические источники тока, аккумуляторы?
3. Расскажите о назначении, составе и функциональных возможностях специального переговорного устройства СПУ-3А? Как подготовить к работе СПУ-3А?
4. Каково значение связи и АСУ в работе ГПС по ликвидации последствий аварий и стихийных бедствий? Дайте краткую историческую справку о развитии средств связи и их значении в деятельности пожарной охраны.
5. Что такое сигналы, сообщения и каналы связи? Перечислите виды управляющих сигналов. Какие бывают виды модуляции?
6. Что такое вызывные приборы? Каково назначение и устройство звонка переменного тока. Приведите классификацию телефонных аппаратов системы МБ, ЦБ, ЦБ-АТС.
7. Каково общее устройство телефонных аппаратов? Каков принцип действия микрофона?
8. Каковы назначение, устройство и принцип действия телефонного капсюля?
9. Каков принцип действия телеграфной связи? Каковы телеграфные коды?

10. Расскажите о назначении, составе и общем устройстве пульта оперативной связи малой емкости Набат?
11. Расскажите о назначении, составе и функциональных возможностях пульта оперативной связи КОДС-432?
12. Расскажите о назначении и функциональных возможностях цифровой станции оперативной связи ЦСОС-2000?
13. Каковы назначение, типы и общее устройство станций и пультов оперативной связи? Расскажите про коммутаторы административной связи.
14. Каковы технические характеристики и функциональные возможности станции СОС-30М?
15. Расскажите о назначении и общем устройстве радиостанций. Каковы технические характеристики и правила размещения стационарных радиостанций?
16. Каковы технические характеристики и правила размещения мобильных радиостанций?
17. Расскажите о полупроводниковых приборах Каковы радиоэлементы: полупроводниковые диоды и стабилитроны?
18. Расскажите о назначении, устройстве и принципе действия управляемых диодов-тириستоров. Какие бывают интегральные микросхемы? Какова технология изготовления и их маркировка?
19. Расскажите о назначении, устройстве и принципе действия транзисторов. Перечислите схемы включения транзисторов.
20. Расскажите про системы передачи данных. Перечислите основные топологии построения локальных сетей.
21. Что такое документальная связь, системы громкоговорящей связи, система телевизионной связи?
22. Расскажите о технологиях оптической связи. Что такое полевые средства телефонной связи?
23. Что такое средства регистрации информации и средства отображения информации?
24. Каковы системы оповещения и управления эвакуацией?
25. Расскажите о принципах работы приемопередатчика радиостанции. Каково применение радиостанций?
26. Как оценить дальность и качество радиосвязи?
27. Что такое электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств?
28. Какие бывают современные системы подвижной связи общего пользования?
29. Что такое профессиональные системы подвижной связи?
30. Как можно автоматизировать управленческую деятельность?
31. Что такое информационные системы и их технологии?
32. Каковы основы построения автоматизированных систем управления?

33. Какова роль информатизации и автоматизации при решении задач пожарной безопасности?

34. Как организовать связь при обеспечении пожарной безопасности городов и населенных пунктов? Что такое функциональные виды связи? Как выполняется организация пунктов связи?

35. Перечислите общие вопросы организации связи в городах РФ. Расскажите про единые дежурно-диспетчерские службы городов. Как организованы системы связи городов РФ?

36. Расскажите про автоматизированные системы оперативного управления пожарно-спасательными формированиями.

37. Каковы критерии качества организации и обеспечения связи? Что такое эргономические аспекты организации связи?

38. Расскажите о эксплуатации технических средств связи, управления, оповещения, автоматизации и информатизации.

39. Классифицируйте сигналы. Какие виды сигналов используются в электрической связи? Приведите примеры.

40. Приведите примеры использования симплексной и дуплексной связи в подразделениях пожарной охраны.

41. Назовите вторичные устройства питания. Укажите их назначение.

42. Укажите различия в понятиях фиксированной и проводной связи.

43. Что называется звуком? Назовите основные характеристики звука.

44. Какие операции реализуются микрофоном при передаче информации?

45. Перечислите элементы телефонной сети связи.

46. Какими способами можно решить задачу увеличения пропускной способности телефонных сетей связи?

47. Каковы особенности современных технологий передачи речи?

48. Приведите примеры документирования принимаемых сообщений.

49. В чем отличие и что общего в организации телеграфной и факсимильной связи?

50. Какой способ преобразования сообщения в электрический сигнал используется в телеграфной связи? факсимильной связи? телефонной связи?

51. Каковы возможности использования телевидения при обеспечении пожарной безопасности объектов и населенных пунктов?

52. Назовите основные технические параметры систем диспетчерской проводной связи, определяющие ее применение на пункте связи.

53. Назовите основные отличия современных систем проводной диспетчерской связи от аналогичных систем предыдущего поколения.

54. Назовите конструктивные и функциональные отличия ТА-57 от абонентских телефонных аппаратов.

55. Каковы условия эффективного применения СПУ-3А?

56. Укажите область применения средств регистрации и отображения информации в деятельности подразделений пожарной охраны.

57. Назовите функциональные элементы (возможности) СОУЭ.
58. Каковы основные причины быстрого развития систем волоконно-оптической связи?
59. Назовите элементы сетей передачи данных.
60. Приведите сравнительную оценочную характеристику сетей передачи данных различных топологий.
61. На основе чего разрабатываются новые системы передачи данных?
62. В чем отличие прямого канала сети передачи данных от прямой телефонного канала?
63. В чем отличие способов передачи информации в сетях передачи данных от классических способов передачи информации с точки зрения соединения абонентов?
64. Каковы тенденции развития проводных сетей связи?
65. Укажите различия в трактовке словосочетаний: мобильная связь и радиосвязь.
66. Каково основное достоинство радиосвязи, определяющее ее применение?
67. Что является средой распространения сигнала в радиосвязи?
68. Укажите процесс, определяющий существо радиосвязи?
69. Как осуществляется разделение передачи и приема в симплексных и дуплексных радиостанциях?
70. В каких случаях схему сети радиосвязи организуют с помощью ретрансляторов?
71. Что собой представляет антенна?
72. Что общего во влиянии различных сред на распространение радиоволн?
73. Какие свойства радиоволн существенно зависят от диапазона?
74. Почему для служебного диапазона радиосвязи выбран диапазон УКВ?
75. Какое явление (свойство радиоволн) обеспечивает радиосвязь на УКВ и ДМВ в городских условиях?
76. Перечислите типы радиостанций по месту применения и укажите признаки их внешнего различия.
77. Укажите элементы сходства радиостанций с телефонными аппаратами.
78. Приведите тактический параметр радиостанции. От каких технических параметров он зависит?
79. Почему в пожарной охране в основном применяются штыверные антенны?
80. В чем эффективность применения антенн направленного действия?
81. Вследствие каких факторов теряется энергия радиосигнала при передаче информации?
82. Приведите классификацию помех.

83. Укажите технические и организационные меры противодействия электромагнитным помехам.
84. В чем заключается сотовый принцип организации радиосвязи?
85. Какие системы подвижной связи используют сотовую структуру построения сетей?
86. Каковы возможности и перспективы использования современных систем подвижной связи при обеспечении пожарной безопасности объектов и населенных пунктов?
87. Что понимается под АСУ?
88. Что общего между АРМ и АСУ? Чем АРМ отличается от АСУ?
89. Что понимается под системой связи гарнизона пожарной охраны?
90. Назовите основные структурные образования, входящие в системы связи гарнизонов?
91. Что является технической базой при организации связи при решении задач пожарной безопасности?
92. Каковы основные задачи службы связи в гарнизонах?
93. Укажите различия в организации центрального пункта связи и пункта связи подразделения в городах.

Заключение

Промышленное развитие и социальное обустройство неизбежно способствуют росту пожарной опасности в большинстве сфер хозяйственной деятельности. Анализ отечественного и зарубежного опыта работы подразделений пожарной охраны в сложной оперативной обстановке (здания повышенной этажности, подземные сооружения, пожары на большой площади с элементом сейсмического, химического и радиационного воздействия, лесные пожары и т.д.) показывает, что успех и эффективность выполнения боевых задач во многом определяются полнотой и достоверностью используемой при тушении пожаров информации, что, в свою очередь, обеспечивается надежностью организуемых каналов оперативной связи. Своевременное получение достоверной и полной информации позволяет эффективно обеспечивать предупреждение пожаров, минимизировать моральный и материальный ущерб, наносимый чрезвычайными ситуациями.

Эффективность деятельности пожарно-спасательных подразделений, обеспечивающих тушение пожаров, можно оценить по ресурсосберегающим факторам: чем быстрее подразделения придут к месту пожара, тем больше материальных ценностей можно уберечь от огня; чем больше сведений о горящем объекте будет знать руководитель тушения пожара, тем меньше сил и средств может быть затрачено на ликвидацию пожара или последствий чрезвычайных ситуаций. Владение точной информацией снижает количество ошибок в действиях должностных лиц при пожарах или других чрезвычайных ситуациях.

ях, уменьшает риск гибели и травматизма людей, что достигается благодаря использованию различных систем связи, информатизации и автоматизации. Поэтому эффективность борьбы с пожарами во многом зависит от точности и от оперативности передачи сообщений и принятия решений.

Общезвестно, что важным моментом в работе пожарных является сокращение времени прибытия пожарных к месту вызова. Оно складывается из времени сообщения о пожаре и времени прибытия первого подразделения к месту вызова. Гибель людей составляет 8 человек на каждые 100 пожаров. Среднее время сообщения о пожаре по стране составляет 9 минут. Можно предположить, что в нашей стране такая статистика обусловлена рядом причин, среди которых немаловажную роль играют следующие: отсутствие под рукой заявителя средств связи (прежде всего телефонной), недостаточно надежная работа систем телефонной связи (старое оборудование), отсутствие или ненадежная (неэффективная) работа систем пожарной сигнализации, отсутствие в большинстве случаев систем оповещения, необходимость обработки диспетчером пожарной охраны информации, поступающей от заявителя. Время следования подразделений к месту пожара во многом (особенно в крупных городах) зависит от владения диспетчерами и водителями транспортных средств пожарной охраны своевременной, полной и точной информацией о маршруте следования к месту пожара (подъездные пути, интенсивность движения, ремонт дорог и т.д.). Большинство проблем при этом обусловлены социально-экономическими факторами, разбираться с которыми предстоит комплексно, с участием многих ведомств и организаций.

Современные телекоммуникационные и информационные технологии позволяют не только обеспечивать бесперебойную связь за счет автоматизации управления системами связи, но и своевременно предотвращать отказы оборудования, осуществлять автоматическое резервирование каналов связи. При этом принципы структурной организации сетей оперативной связи и оперативно-технические показатели применяемых средств связи большинства гарнизонов пожарной охраны, на базе которых создается и уже функционирует ЕДДС, не удовлетворяют возросших к ним требований в части надежности связи, пропускной способности сетей обеспечения доступности каналов связи для абонентов и особенно полноты, достоверности и своевременности информационного обеспечения городских служб.

В связи с этим оснащение современными и надёжными средствами связи и автоматизированной обработки информации подразделений экстренного реагирования и построение системы связи в городах, отвечающей всем современным требованиям в рамках создания единой службы спасения, является одной из основных задач в концепции развития связи и информатизации в МЧС России.

Библиографический список

1. Средства и системы телекоммуникаций: курс лекций по дисциплине «Автоматизированные системы управления и связь» / Под редакцией А.Б. Молочкова. Ивановский институт ГПС МЧС России, 2005. - 266 с.
2. Автоматизированные системы управления и связь: учебник / В.И. Зыков, А.В. Командиров, А.Б. Мосягин, И.М. Тетерин, Ю.В. Чекмарев; под общ. ред. В.И. Зыкова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. - 665 с.
3. Надежность технических систем и техногенный риск: учебн. пособие / сост: С.А. Сазонова, С.А. Колодяжный, Е.А. Сушко; Воронежский ГАСУ. - Воронеж, 2013. - 148 с.
4. Концепция развития единых дежурно-диспетчерских служб в субъектах РФ. - М.: МЧС России, пр. № 428 от 10.09.2002.
5. Приказ № 700 МВД России от 30 июня 2000 г. «Об утверждении Наставления по службе связи ГПС МВД России». - М.: МВД России, 2000. - 133 с.
6. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
7. Жидко, Е.А. Формализация программы исследований информационной безопасности компании на основе инноваций / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Информация и безопасность. - 2012. - Т. 15. - № 4. - С. 471-478.
8. Жидко, Е.А. Информационная безопасность: концепция, принципы, методология исследования / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова. Воронеж, 2013.
9. Жидко, Е.А. Совершенствование организации управления экологическими рисками промышленного предприятия / Е.А. Жидко, В.Я. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. - 2010. - № 1. - С. 13-17.
10. Жидко, Е.А. Практикум по безопасности жизнедеятельности и охране окружающей среды / Е.А. Жидко, В.Я. Манохин. Воронеж, 2007.
11. Иванова, И.А. Анализ критериев экологической опасности на асфальтобетонных заводах / И.А. Иванова, С.А. Колодяжный, В.Я. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2009. - № 3. - С. 125-131.
12. Иншаков, Ю.З. Теория горения и взрыва. Предотвращение и прекращение горения: учеб. пособие / Ю.З. Иншаков, А.А. Однолько; М-во образования и науки Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Воронеж. гос. архит.-строит. ун-т. Воронеж, 2004.
13. Квасов, И.С. Статистическое оценивание состояния трубопроводных систем на основе функционального эквивалентирования / И.С. Квасов, М.Я. Панов, С.А. Сазонова // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2000. - № 4. - С. 100-105.
14. Квасов, И.С. Энергетическое эквивалентирование больших гидравлических систем жизнеобеспечения городов / И.С. Квасов, М.Я. Панов, В.И. Щербаков, С.А. Сазонова // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2001. - № 4. - С. 85-90.

15. Квасов, И.С. Диагностика утечек в трубопроводных системах при неплотной манометрической съемке / И.С.Квасов, М.Я. Панов, С.А. Сазонова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1999. – № 9. – С. 66-70.
16. Колодяжный, С.А. Решение задачи статического оценивания систем газоснабжения / С.А. Колодяжный, Е.А. Сушко, С.А. Сазонова, А.А. Седаев // Научный вестник Воронежского государственного инженерно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2013. – № 4 (32). – С. 25-33.
17. Колодяжный, С.А. Применение энергетического эквивалентирования для формирования граничных условий к модели анализа потокораспределения системы теплоснабжения / С.А. Колодяжный, Е.А. Сушко, С.А. Сазонова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2013. – № 3 (12). – С. 8-15.
18. Колодяжный, С.А. Решение задачи формирования нагруженного резерва при управлении функционированием систем теплоснабжения / С.А. Колодяжный, Е.А. Сушко, С.А. Сазонова, К.А. Скляр // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2013. – № 4. – С. 8-15.
19. Колодяжный, С.А. Экономическое обоснование применения вторичных энергоресурсов в инженерных системах / С.А. Колодяжный, Е.А. Сушко, К.А. Скляр // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. - № 1. - С. 31-35.
20. Колотушкин, В.В. Безопасность жизнедеятельности при эксплуатации зданий и сооружений учебное пособие : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 270100 "Строительство" / В.В. Колотушкин, С.Д. Николенко; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Воронежский гос. архитектурно-строит. ун-т. Воронеж, 2009.
21. Манохин, В.Я. Эффективность улавливания гидрофобной пыли / В.Я. Манохин, М.В. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. - 2008. - № 1. - С. 151-154.
22. Манохин, В.Я. Нормы накопления ТБО, их состав и свойства / В.Я. Манохин, И.А. Иванова, М.В. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. - 2013. - № 1. - С. 21-27.
23. Манохин, В.Я. Научно-практические и методологические основы экологической безопасности технологических процессов на асфальтобетонных заводах / В.Я. Манохин // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 2004.
24. Николенко, С.Д. К вопросу экологической безопасности автомобильных дорог / С.Д. Николенко // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. - 2008. - № 1. - С. 141-145.

25. Облиенко, А.В. Исследование эффективности установки сигнализаторов и газоанализаторов в производственных помещениях / А.В. Облиенко, О.Н. Петрова, И.И. Переславцева, С.А. Колодяжный // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2010. - № 1. - С. 222-225.

26. Однолько, А.А. Влияние характеристик систем противопожарной защиты на пожарные риски / А.А. Однолько, И.В. Ситников // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2010. - № 1. - С. 205-211.

27. Однолько, А.А. Особенности тушения пожаров на различных объектах учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по специальности 280104 "Пожарная безопасность" / А.А. Однолько, С.А. Колодяжный, Н.А. Старцева; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Воронежский гос. архитектурно-строительный ун-т. Воронеж, 2009. (2-е изд., перераб. и доп.)

28. Однолько, А.А. Теория горения и взрыва. Возникновение и распространение горения. Оценка пожаровзрывоопасности веществ и материалов курс лекций : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 280705.65 "Пожарная безопасность" / А.А. Однолько, С.А. Колодяжный, Н.А. Старцева ; М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Воронежский гос. архитектурно-строит. ун-т. Воронеж, 2011.

29. Попова, Л.Г. Информационный мониторинг безопасности и устойчивости развития организации в XXI веке / Л.Г. Попова, С.В. Барковская, Е.А. Жидко // Информация и безопасность. - 2009. - Т. 12. - № 4. - С. 497-518.

30. Сазонова, С.А. Разработка модели анализа потокораспределения возмущенного состояния системы теплоснабжения / С.А. Сазонова // Моделирование систем и информационные технологии. Воронеж, 2007. - С. 52-55.

31. Сазонова, С.А. Результаты вычислительного эксперимента по апробации метода решения задачи статического оценивания для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2010. - № 6. - С. 93-99.

32. Сазонова, С.А. Результаты вычислительного эксперимента по апробации математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2010. - № 6. - С. 99-104.

33. Сазонова, С.А. Статическое оценивание состояния систем теплоснабжения в условиях информационной неопределенности / С.А. Сазонова // Моделирование систем и информационные технологии: сборник научных трудов. Москва, 2005. - С. 128-132.

34. Сазонова, С.А. Разработка модели транспортного резервирования для функционирующих систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2007. - Т.1 - № 2-1. - С. 48 - 51.

35. Сазонова, С.А. Решение задачи статического оценивания систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 43-46.

36. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 5. – С. 68-71.
37. Сазонова, С.А. Транспортное резервирование систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 2. – С.99-101.
38. Сазонова, С.А. Разработка модели структурного резервирования для функционирующих систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2008. – № 3. – С. 82 - 86.
39. Сазонова, С.А. Разработка метода дистанционного обнаружения утечек в системах газоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 11. – С. 119-121.
40. Сазонова, С.А. Структурное резервирование систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6. – № 12. – С. 179-183.
41. Сазонова, С.А. Решение задачи статического оценивания систем газоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 11. – С. 139-141.
42. Сазонова, С.А. Разработка методов и алгоритмов технической диагностики систем газоснабжения: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронеж, 2000.
43. Сазонова, С.А. Методы технической диагностики и безопасность систем теплоснабжения: монография / С.А. Сазонова, Ю.С. Сербулов. Германия, 2014 - 210 с.
44. Ситников, И.В. Имитационное моделирование площади пожара с применением метода монте-карло в рамках интегральной математической модели пожара / И.В. Ситников, О.Г. Кривопуст, А.А. Однолько, С.В. Артышенко // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2012. - № 4 (9). - С. 75-82.
45. Ivanova, I.A. Analysis of environmental threat criteria on coating plants / I.A. Ivanova, S.A. Kolodyazhny, M.V. Manokhin // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. - 2012. - № 1. С. 76-85.
46. Sklyarov, K.A. Development of a mathematical model of spread of smoke gases in the early stage of a fire / K.A. Sklyarov, Ye.A. Sushko, V.L. Khudikovskiy, V.Ya. Manokhin // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. 2013. № 3 (19). С. 72-82.
47. Tkachenko, A.N. Theoretical estimation of fiber distribution in fiber reinforced concretes / A.N. Tkachenko, S.D. Nikolenko, D.V. Fedulov // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. - 2011. - № 3. - С. 36-41.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Список сокращений	5
1. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ СВЯЗИ	7
1.1. Общие сведения об электрической связи.....	7
1.2. Системы передачи информации.....	12
1.3. Кодирование и модуляция.....	22
1.4. Количество информации и пропускная способность системы связи.....	28
1.5. Средства связи.....	30
1.5.1. Значение связи и АСУ в работе ГПС по ликвидации последствий аварий и стихийных бедствий.....	30
1.5.2. Краткая историческая справка о развитии средств связи и их значение в деятельности пожарной охраны.....	31
1.6. Классификация средств связи.....	31
1.6.1. Общие сведения о полупроводниковых приборах.....	34
1.7. Источники питания аппаратуры связи.....	39
2. ОСНОВЫ ПРОВОДНОЙ СВЯЗИ	42
2.1. Телефонная связь.....	44
2.1.1. Общие сведения о звуке.....	44
2.1.2. Системы телефонной связи.....	47
2.2. Системы передачи данных.....	60
2.3. Документальная связь.....	65
2.3.1. Телеграфная связь.....	66
2.3.2. Факсимильная связь.....	67
2.4. Система телевизионной связи.....	70
2.5. Технологии оптической связи.....	71
2.6. Системы громкоговорящей связи.....	74
2.7. Специальные средства и системы фиксированной связи.....	76
2.7.1. Средства проводной диспетчерской связи.....	76
2.7.2. Назначение, состав и общее устройство пульта оперативной связи малой ёмкости НАБАТ.....	77
2.7.3. Назначение, состав и функциональные возможности пульта оперативной связи КОДС-432.....	78
2.7.4. Назначение и функциональные возможности цифровой станции оперативной связи ЦСОС-2000.....	80
2.7.5. Полевые средства телефонной связи.....	80
2.7.6. Специальные переговорные устройства.....	82
2.7.7. Системы оповещения и управления эвакуацией.....	87
2.7.8. Современные системы проводной диспетчерской связи.....	88
3. ОСНОВЫ РАДИОСВЯЗИ	91
3.1. Структура и основные элементы радиосвязи.....	91
3.2. Радиоволны.....	94
3.3. Диапазоны радиоволн.....	100
3.4. Системы и технологии мобильной связи.....	103

3.5. Устройство и параметры радиостанций.....	105
3.5.1. Стационарные радиостанции ГПС.....	107
3.5.2. Мобильные радиостанции ГПС.....	109
3.6. Оценка дальности и качества радиосвязи.....	112
4. ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ В ПОЖАРНОЙ ОХРАНЕ.....	120
4.1. Единая служба связи ГПС МЧС России.....	120
4.2. Организация связи в гарнизонах пожарной охраны.....	122
4.3. Статистические характеристики потока вызовов, поступающих на центральный узел связи (ЦУС).....	129
4.4. Общие понятия о техническом обслуживании и надежности средств связи и управления.....	131
4.5. Контроль технического состояния средств связи и управления.....	131
4.6. Текущий ремонт средств связи и управления.....	134
5. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	136
5.1. Информатизация и автоматизация в современном обществе....	136
5.2. Основы построения автоматизированных систем управления....	137
5.3. Информатизация и автоматизация при решении задач пожарной безопасности.....	139
6. ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДОВ И НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ....	142
6.1. Единые дежурно-диспетчерские службы городов.....	144
6.2. Системы связи городов РФ.....	146
6.3. Организация пунктов связи.....	149
6.4. Автоматизированная система оперативного управления пожарно-спасательными формированиями.....	155
Контрольные вопросы.....	160
Заключение.....	164
Библиографический список.....	166