

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

Академия Государственной противопожарной службы

В. И. Зыков, В. В. Степанов, А. Б. Мосягин, А. Н. Петренко

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И СВЯЗЬ

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора *В. И. Зыкова*

3-е издание, переработанное и дополненное

Допущено Министерством Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий в качестве
учебника для курсантов, студентов и слушателей
образовательных организаций МЧС России

Москва
2019

УДК 614.842.4
ББК 38.960.2-57
А22

Рецензенты:

А. В. Матюшин, главный научный сотрудник
ФГУ ВНИИПО МЧС России,
доктор технических наук, старший научный сотрудник;

Л. А. Баранов, заведующий кафедрой «Управление и защита информации»
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
путей сообщения Императора Николая II» (МГУПС (МИИТ)),
доктор технических наук, профессор

А22 Автоматизированные системы управления и связь : учебник / В. И. Зыков, В. В. Степанов, А. Б. Мосягин, А. Н. Петренко; под общей ред. проф. В. И. Зыкова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2019. – 457 с.

ISBN 978-5-9229-0169-7

Понимание физических процессов в инфокоммуникационных системах и автоматизированных системах оперативного управления расширяет возможности решения практических задач будущих специалистов в области обеспечения пожарной безопасности и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

В учебнике рассмотрены основы электрической связи, современных телекоммуникационных технологий, автоматизированных систем управления пожарной охраны. Даны основные определения, приведены подходы к моделированию и оценке функционирования автоматизированных систем и сетей связи. Показаны особенности применения системы связи и автоматизированной системы оперативного управления пожарной охраны в едином информационном пространстве МЧС России.

Предназначен для слушателей и курсантов высших пожарно-технических образовательных учреждений МЧС России.

УДК 614.842.4
ББК 38.960.2-57

ISBN 978-5-9229-0169-7

© Академия ГПС МЧС России, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из важных направлений подъема экономики страны, повышения эффективности производства является широкое внедрение автоматизации производственных процессов и процессов управления во всех сферах деятельности людей. Автоматизация управления в любой области способствует повышению производительности труда, а также улучшению условий работы. Она обеспечивает наиболее эффективное выполнение всех функций управления – от сбора, обработки и анализа информации до выработки управленческих решений. Автоматизация упрощает структуру управленческого аппарата, позволяет сократить число работников, занятых расчетами, освобождает от рутинного труда, создает условия для творческой деятельности.

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 пожарно-спасательных подразделениях МЧС России 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 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.

Экспоненциальный рост трафика в ведомственной сети МЧС России, использование сети Интернет, межофисных и специализированных приложений интрасети, электронной почты, системы аудио- и видеоконференц-связи создают новые возможности при управлении структурными подразделениями ФПС в едином информационном пространстве МЧС России.

Структурно-функциональная интеграция ФПС в состав МЧС России осуществлялась по целому ряду направлений. Одним из таких направлений являлась интеграция центров управления силами и средствами (ЦУС) – органов управления ФПС, а также пунктов связи пожарно-спасательных подразделений с едиными дежурно-диспетчерскими службами органов управления, специально уполномоченных решать задачи гражданской обороны, задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, в составе или при органах исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органах местного самоуправления.

В настоящее время система центров управления и пунктов связи ФПС является отработанной системой эффективного управления силами ФПС по борьбе с пожарами и взаимодействия с населением по телефонным номерам «101» или «112». Поэтому дальнейшее развитие единых дежурно-диспетчерских служб (ЕДДС) на базе ЦУС ФПС проходит 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 автоматизированных систем управления (АСУ) и систем оперативной связи, умением применять эти знания на практике. Авторы надеются, что данный учебник будет способствовать приобретению специалистами профессиональных навыков в процессах применения, использования, эксплуатации и освоения современных технологий приема, переработки и передачи информации.

Учебник соответствует программе курса «Автоматизированные системы управления и связь».

Предисловие, гл. 1, 3, 4, 7 и 8 написаны докт. техн. наук, проф. В. И. Зыковым, автор гл. 5 – канд. экон. наук В. В. Степанов, гл. 6 написана канд. техн. наук, доц. А. Б. Мосягиным, а автором гл. 2 является канд. техн. наук, доц. А. Н. Петренко.

Авторы учебника выражают благодарность за участие в оформлении графической части учебника А. П. Иванникову и А. В. Антонову.

Глава 1

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ, ИНФОРМАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ

1.1. Связь и ее общие характеристики

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

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

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

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

Структурная схема односторонней связи между двумя абонентами приведена на рис. 1.1. Таким образом, в общем виде система связи представляет собой совокупность технических средств: передатчика, линий связи и приемника, обеспечивающих передачу и прием сообщений.

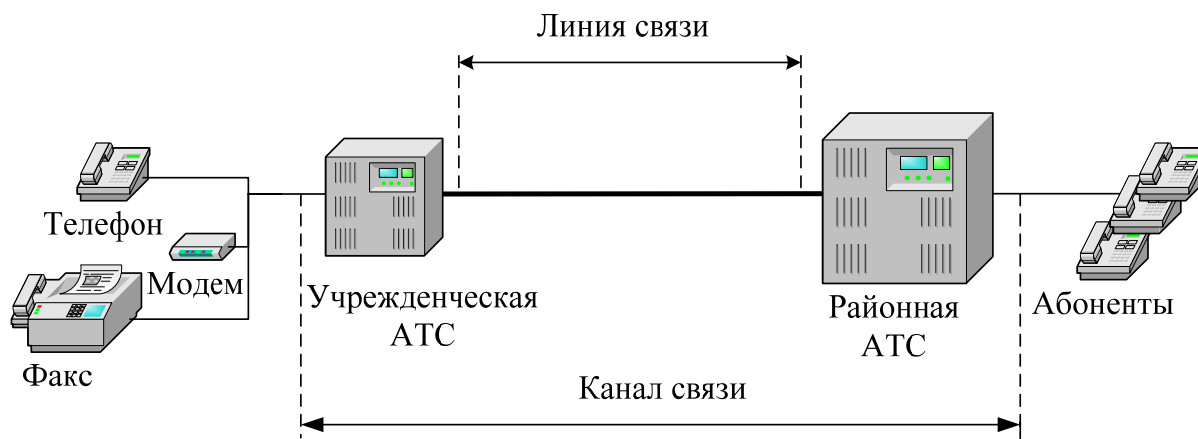


Рис. 1.1. Структурная схема связи между абонентами

Основным компонентом системы связи является ее сеть, по которой обеспечивается связь между любыми двумя абонентами. Как правило, применяют радиальную структуру сети, при которой абоненты данной территориальной группы соединены линиями связи с коммутационным узлом, а узлы – магистральными линиями соответствующей пропускной способности. Структура сети связи должна обеспечивать достаточный запас живучести, т. е. в случае перегрузки или выхода из строя тех или иных участков сети должна предусматриваться возможность направления потока информации по обходным путям.

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

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

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

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

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

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

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

– удовлетворительной, если фразовая разборчивость не ниже 89 %. Разборчивость будет достаточной, если передача информации повторяется несколько раз;

– хорошей, если фразовая разборчивость выше 93 %;

– отличной, если фразовая разборчивость выше 97 %.

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

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

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

Увеличение времени на передачу цифровой информации по телеграфным каналам

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

где P – вероятность появления ошибки.

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

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

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

Другой важной характеристикой связи является *эффективность функционирования сети связи*, т. е. возможность передачи любого сообщения с заданными временем «чистой» передачи $T_{\text{п}}$ (полезным временем передачи) и величиной непроизводительных затрат времени $T_{\text{н}}$. На показатель эффективности функционирования воздействует ряд случайных факторов: количество поступивших вызовов, свободных и занятых приборов и соединительных путей, поведение абонентов, надежность аппаратуры и т. д. В связи с этим вводится вероятностный показатель, равный отношению

$$E' = \frac{T_{\text{п}}}{T_{\text{п}} + T_{\text{н}}}.$$

Тогда эффективность функционирования сети связи можно выразить через математическое ожидание отношения величины $T_{\text{п}i}$ к общему времени доставки информации $T_{\text{д}i} = T_{\text{п}i} + T_{\text{н}i}$

$$E = \sum_{i=0}^{n-1} P_i \frac{T_{\text{п}i}}{T_{\text{п}i} + T_{\text{н}i}}, \quad (1.1)$$

где P_i – вероятность i -го состояния сети связи; n – число возможных состояний; $T_{\text{п}i}$, $T_{\text{н}i}$ – соответственно полезное время передачи информации от отправителя к получателю и непроизводительные затраты времени в i -м состоянии сети связи. Эта характеристика является особенно важной для связи в пожарной охране, где требуется обеспечение высокой оперативности в управлении силами и средствами при тушении пожаров.

При $E = 1$ непроизводительные затраты времени равны нулю во всех состояниях сети ($T_{\text{н}} = 0$; $P_i = 1$), и сеть абсолютно эффективна; при $E = 0$ передача информации во всех состояниях сети невозможна ($T_{\text{п}} = 0$; $P_i = 1$).

Формула (1.1) характеризует эффективность связи при заданном объеме подлежащих передаче сообщений. Однако если задано время передачи информации, то будет справедливо выражение

$$E = \sum_{i=0}^{n-1} P_i \frac{V_{\text{пер}i}}{V_{\text{пер}i} + V_{\text{п}i}}, \quad (1.2)$$

где $V_{\text{пер}i}$ – переданный (принятый) объем сообщений (полезный объем); $V_{\text{п}i} = T_{\text{п}i}C_i$ – объем сообщений, который был бы передан за время $T_{\text{п}i}$; C_i – текущая скорость передачи информации.

Показатель эффективности при заданном времени передачи информации

$$E = \frac{V_{\text{пер}i}}{V_{\text{пер}i} + V_{\text{п}i}}. \quad (1.3)$$

Приведенные выражения для эффективности связи пригодны в тех случаях, когда на время доставки (передачи) информации не накладываются какие-либо ограничения.

В пожарной охране на время доставки информации накладывается ограничение, так как превышение времени заданной величины может привести к чрезвычайно ощутимым потерям от пожара. Поэтому важной для пожарной охраны является характеристика оперативности связи Q .

Оперативность связи – это вероятность того, что информация от отправителя к получателю будет передана за время, не превышающее заданное:

$$Q = P[(T_{\text{п}} + T_{\text{н}}) \leq T_{\text{оп}}], \quad (1.4)$$

где P – вероятность того, что информация может быть передана в течение заданного времени; $T_{\text{оп}}$ – заданная величина времени, определяющая оперативность связи. При $T_{\text{оп}} \rightarrow \infty$ Q асимптотически стремится к единице, т. е.

$$Q_{\infty} = P(T_{\text{п}} + T_{\text{н}} < \infty) \approx 1;$$

с другой стороны, при $T_{\text{оп}} = 0$

$$Q = P(T_{\text{п}} + T_{\text{н}}) = 0,$$

так как никакая информация без потерь передана быть не может. Таким образом, вероятность передачи информации за отрезок времени $T_{\text{оп}} < (T_{\text{п}} + t_{\text{т}})$ равна нулю, т. е.

$$Q = P(T_{\text{п}} + T_{\text{нн}} < T_{\text{п}} + t_{\text{т}}) = 0,$$

где $t_{\text{т}}$ – требуемое время для успешного решения оперативных задач в данной ситуации.

Минимальное значение вероятности Q соответствует передаче информации в минимально короткие сроки, т. е. условными потерями времени, не превышающими $t_{\text{т}}$, и при отсутствии явных потерь:

$$Q_{\text{min}} = P(T_{\text{п}} + t_{\text{т}}). \quad (1.5)$$

Отсюда следует, что при прочих равных условиях та система связи является лучшей, у которой вероятность передачи информации в минимально возможные сроки имеет большее значение.

Сообщение обладает определенным временем ценности $T_{\text{ц}}$. Для оперативной связи в пожарной охране этот параметр имеет важное значение. Практически вся оперативная информация в условиях организации тушения

пожара быстро теряет свою ценность и актуальность. В связи с этим необходимо стремиться к соблюдению условия

$$(T_{\text{п}} + T_{\text{н}}) < T_{\text{ц}} \quad \text{и} \quad T_{\text{оп}} \leq T_{\text{ц}}. \quad (1.6)$$

Оперативность связи может быть интерпретирована как вероятность передачи информации за время, в течение которого ценность ее положительная $T_{\text{оп}} \ll T_{\text{ц}}$. Эффективность связи тем выше, чем больше $P_{\text{оп}}$ при меньшем значении $T_{\text{оп}}$. И действительно, чем меньше величина $T_{\text{оп}}$, тем, как правило, большую ценность имеет переданная информация, а чем больше при этом вероятность передачи информации за время, не превышающее $T_{\text{оп}}$, тем больший положительный эффект достигается от использования данной системы связи.

При установлении связи между абонентами задействовано некоторое количество различных элементов и приборов, обладающих определенной надежностью. Поэтому имеется вероятность того, что на заданном отрезке времени связь может прерваться из-за отказа какого-либо элемента или составного звена системы связи. Более подробно вопросы надежности будут рассмотрены в гл. 8.

1.2. Сообщение, сигнал и канал связи

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

По способу построения коды делятся на систематические и несистематические. Особенность построения *систематических кодов* заключается в том, что в них четко разделены часть кода, несущая основную информацию, и часть кода, служащая для обнаружения и исправления ошибок, которая представляет собой контрольную информацию. Систематические коды могут быть построены по детерминированным алгоритмам, в соответствии

с которыми можно найти достаточно простые способы выявления этих кодов с обнаружением или исправлением ошибок.

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

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

$$N = \sum_{i=0}^{n-1} \alpha_i K^i, \quad (1.7)$$

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

В общем случае m -элементным избыточным кодом в системе счисления с основанием K можно представить $M = K^m$ сообщений. Например, при использовании кода Бодо можно закодировать $2^5 = 32$ символа (сообщения), а в компьютерной технике $2^8 = 256$ символов.

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

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

В телефонной линии связи постоянно присутствует электрический сигнал – несущая частота – напряжением 60 В для России и 30 В за рубежом. Процесс модуляции состоит в том, что изменения низкочастотного (НЧ) сигнала, преобразованного в электрический сигнал первоначального сообщения, вызывают изменения параметров сигнала несущей частоты. Электрический сигнал распространяется в виде синусоидальных колебаний несущей частоты передатчика. Параметрами такого сигнала являются амплитуда, частота и фаза. Изменяя каждый из перечисленных параметров, получают амплитудную (АМ), частотную (ЧМ) и фазовую (ФМ) модуляции. Таким образом, модуляция – это воздействие на некоторый параметр (изменение параметра) переносчика сигнала в соответствии с законом изменения первоначального передаваемого сообщения. На рис. 1.2 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 (300–3 400 Гц), применяют те или иные виды модуляции.

При *амплитудной модуляции* гармонического колебания (рис. 1.2) воздействию подвергается амплитуда несущего (высокочастотного (ВЧ)) сигнала, изменяемая во времени в соответствии с изменением передаваемого низкочастотного сигнала:

$$u = U_0 \cos(\omega_0 t - \varphi_0), \quad (1.8)$$

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

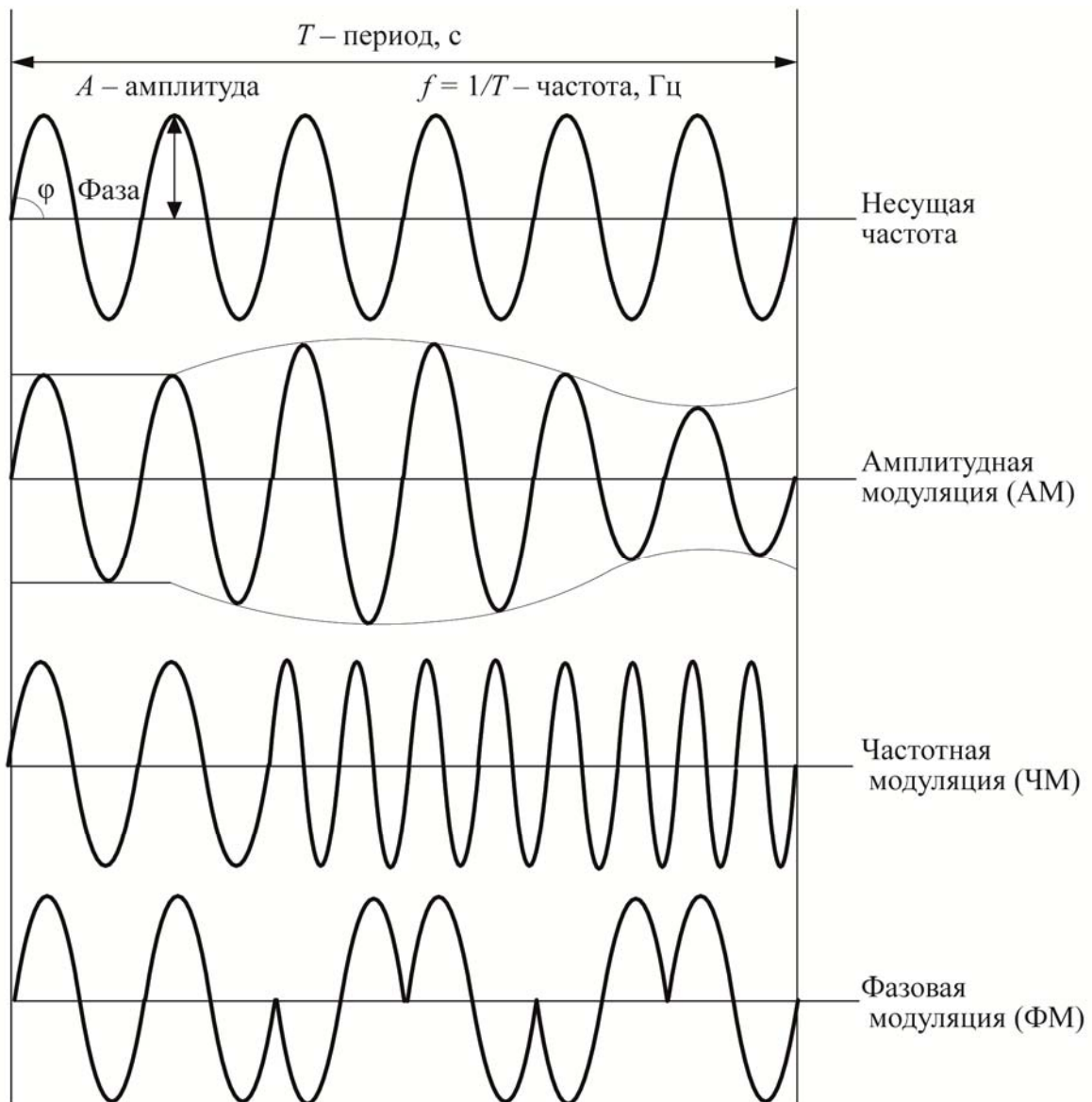


Рис. 1.2. Виды модуляции

Сигнал при амплитудной модуляции

$$u = [U_0 + \Delta U f(t)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (1.9)$$

или

$$U_{\text{ам}} = U_0 [1 + (\Delta U / U_0) f(t)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (1.10)$$

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

$$U_{\text{ам}} = U_0 [1 + M \cos(\Omega t + \varphi)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0). \quad (1.11)$$

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

$$\omega = \omega_0 + \Delta\omega f(t), \quad (1.12)$$

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

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

$$u = U_0 \cos \theta(t), \quad (1.13)$$

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 –

$$\theta = \int_0^t \omega dt. \quad (1.14)$$

Вводя обозначение $\int_0^t f(t) dt = F(t)$, получаем

$$U_{\text{чм}} = U_0 \cos[\omega_0 t + \Delta\omega F(t)]. \quad (1.15)$$

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

$$\begin{aligned} U_{\text{чм}} &= U_0 \cos \left[\omega_0 t + \Delta\omega \int_0^t \cos(\Omega t + \psi) dt \right] = \\ &= U_0 \cos \left[\omega_0 t + (\Delta\omega / \Omega) \sin(\Omega t + \psi) + \varphi_0 \right], \end{aligned} \quad (1.16)$$

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. 1.2):

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi f(t), \quad (1.17)$$

где $\Delta\varphi$ – предельное изменение фазы от воздействия низкочастотных сигналов. После подстановки формулы (1.17) в уравнение синусоидальных колебаний (1.8) при $\varphi_0 = 0$ получим значение фазомодулированного сигнала

$$U_{\text{фм}} = U_0 \cos[\omega_0 t + \Delta\varphi f(t)]. \quad (1.18)$$

Из сравнения формул (1.15) и (1.18) 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 τ_0 которых обычно значительно меньше периода их следования T_0 . *Скважность* – это отношение длительности периода повторения импульсов к длительности импульса. Чем больше скважность $\nu = T_0 / \tau_0$, 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

$$u = U_0 \sum_i f_1(t - t_0 - iT_0), \quad i = 0, 1, 2, \dots,$$

где U_0 – амплитуда импульса; $f_1(t - t_0 - iT_0)$ – 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, τ_0 .

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

Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ) – модуляция, при которой изменяется только амплитуда импульсов – переносчиков информации:

$$\begin{aligned} U_{\text{аим}} &= [U_0 + \Delta U f(t)] \sum_i f_1(t - t_0 - iT_0) = \\ &= U_0 [1 + (\Delta U / U_0) f(t)] \sum_i f_1(t - t_0 - iT_0). \end{aligned} \quad (1.19)$$

Существует две разновидности амплитудно-импульсной модуляции:

- 1) амплитуда и форма каждого из импульсов изменяется в соответствии с изменением модулирующей функции (АИМ–1);
- 2) форма импульсов остается неизменной, изменяется только их амплитуда (АИМ–2).

В результате воздействия модулирующего сигнала пропорционально его мгновенному значению изменяется лишь длительность импульсов при сохранении всех остальных параметров последовательности импульсов, при

этом получается широтно-импульсная модуляция. При широтно-импульсной модуляции могут изменяться: 1) срез и соответственно ширина импульсов, а фронт совпадать с таковыми точками; 2) положение фронта и срез импульсов, за счет чего изменяется и длительность (ширина) импульсов.

Сущность фазово-импульсной модуляции состоит в том, что при воздействии модулирующего сигнала происходит смещение импульсов – переносчиков во времени относительно их немодулированного положения на величину, пропорциональную мгновенному значению сигнала. Ширина импульсов при этом не изменяется.

Демодуляция – процесс выделения низкочастотного (модулирующего) сигнала из высокочастотного (в радиосвязи), т. е. процесс, обратный модуляции. Для непрерывной модуляции демодуляция принципиально равнозначна процессу детектирования, состоящего из двух частей: создания низкочастотного сигнала на основе модулированных высокочастотных колебаний, отфильтровывания полезного низкочастотного сигнала от высокочастотных колебаний, для чего используются детекторы и фильтры.

Демодуляция частотно-модулированных колебаний состоит в том, что сначала эти колебания преобразуются в амплитудно-модулированные, а затем они детектируются.

Демодуляция амплитудно-импульсного модулированного сигнала почти не отличается от детектирования амплитудно-модулированного колебания. При демодуляции фазово-импульсная модуляция предварительно преобразуется в амплитудно- или широтно-импульсную модуляцию или же в такую форму, от которой изменяется площадь импульса.

Для определения наилучших условий передачи сигнала необходимо знать единицу его измерения. 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. Чем больше длительность сигнала, тем на большее время занимает канал связи. Длительность сигнала определяет интервал времени, в пределах которого он передается.

По степени определенности сигналы бывают детерминированными и случайными. *Детерминированными* называют сигналы, значения которых в любые моменты времени являются известными величинами. Примерами детерминированных сигналов могут служить импульсы известной формы, величины и положения во времени. К таким сигналам относят синусоидальные колебания с известной амплитудой, частотой и фазой.

Случайными (вероятностными) называют сигналы, значения которых в любые моменты времени случайны и представляют собой хаотические функции времени. Такой функцией является, например, последовательность радиоимпульсов на входе радиолокационной системы. Амплитуда

случайных импульсов и фаза их высокочастотного заполнения флуктуируют благодаря беспорядочно меняющимся условиям распространения радиоволн. Время прихода импульсов определяется случайным положением цели, обнаруживаемой с помощью радиолокационной системы.

Детерминированные и случайные сигналы разделяются на непрерывные и дискретные. Непрерывный сигнал имеет различные значения уровня на заданном отрезке времени. Дискретный сигнал задается конечным значением уровня в определенный момент времени и определяется длительностью в фиксированные моменты времени.

Случайные параметры сигналов могут быть информативными и неинформативными. Информативные параметры переносят информацию от источника сообщений к получателю. Неинформативные параметры с переносом информации непосредственно не связаны.

Важной характеристикой сигнала является его *средняя мощность*, характеризующая уровень сигнала. Однако мощность сигнала сама по себе не определяет свойства сигнала как переносчика сведений, так как нельзя пренебречь реальными условиями передачи сигналов, определяемыми наличием помех. В связи с этим уровень сигнала, дБ, целесообразно характеризовать не абсолютной мощностью, а отношением мощности сигнала к мощности помех:

$$H_c = \log(P_c / P_n), \quad (1.20)$$

где P_c и P_n – соответственно средние мощности сигнала и помех.

Величина H_c выражает относительный средний уровень сигнала над помехой.

Третьей характеристикой является ширина спектра сигнала F_c .

Изменение длительности, ширины и уровня сигнала можно изобразить в виде отрезков определенной длины, отложенных параллельно трем координатным осям: времени, частоты и уровня. Таким образом, сигнал может быть геометрически представлен как некоторый объем в трехмерном пространстве, определяемый параллелепипедом с ребрами T_c , F_c , H_c (рис. 1.3), где T_c , F_c и H_c – время передачи сигнала, ширина спектра сигнала (полоса пропускания) и уровень сигнала соответственно. Произведение трех параметров сигнала называют его объемом $V_c = T_c F_c H_c$.

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

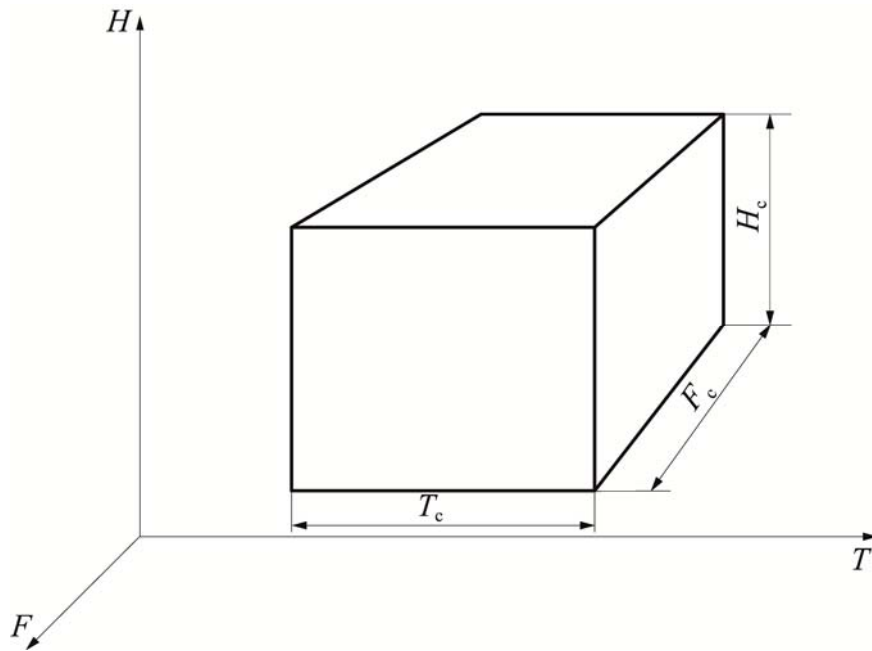


Рис. 1.3. Геометрическое представление сигнала

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

Систему многоканальной связи можно представить следующей структурной схемой (рис. 1.4). Различные сообщения от одного или нескольких отправителей 1 преобразуются специальными устройствами (преобразователями 2) в электрические сигналы, которым придаются соответствующие признаки кодовым устройством, а затем с помощью передатчиков 3 в линию связи 4.

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

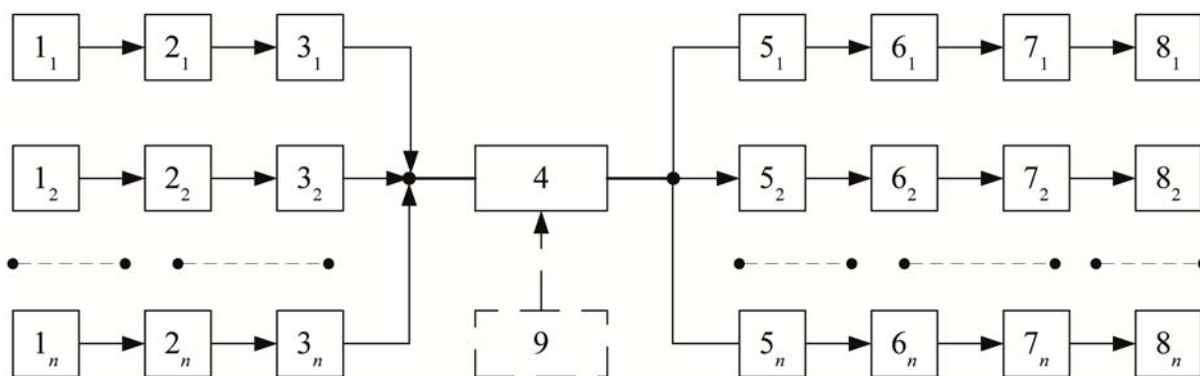


Рис. 1.4. Схема системы многоканальной связи:

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

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

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

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

1.3. Количество информации и пропускная способность системы связи

Предположим, что осуществляется передача словесного текста, с помощью которого намечается сообщить некоторые сведения о какой-либо ситуации. Допустим, что для этой цели имеется всего два слова: «хорошо» и «плохо». Ясно, что оценка ситуации при этих условиях будет весьма общей и неточной, т. е. сведений о ситуации будет получено недостаточно. При наличии большого числа слов, позволяющих передать детали сообщаемой ситуации, те же самые слова «хорошо» и «плохо», входящие в состав данного набора слов, будут уже гораздо точнее выразить 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, наты; при $R = 1/\ln 2$ – двоичные единицы, дведы или биты; при $R = 1/\ln 10$ – десятичные, диты).

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

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

В 1948 г. Клод Шеннон развил работу Найквиста на случай каналов, подверженных случайным шумам. Главный вывод Шеннона: максимальная скорость передачи информации в каналах с шумами с шириной полосы частот H , Гц, и отношением сигнал/шум – S/N :

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

Такая предельная (максимальная) скорость передачи информации в канале связи называется его *пропускной способностью*. Реальная скорость передачи при этом будет гораздо ниже пропускной способности канала связи. Например, канал с $H = 3\,000$ 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 2 400 бод. Поэтому для высокоскоростной передачи информации используются широкополосные радио- и телевизионные каналы, а также специальные каналы для передачи дискретной (цифровой) информации, в частности оптоволоконные.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ, ИНФОРМАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ	5
1.1. Связь и ее общие характеристики.....	5
1.2. Сообщение, сигнал и канал связи	10
1.3. Количество информации и пропускная способность системы связи.....	20
Глава 2. ОСНОВЫ ПРОВОДНОЙ СВЯЗИ	23
2.1. Телефонная связь.....	24
2.1.1. Краткие сведения о звуковых колебаниях	24
2.2. Телефонные линии и сети связи	33
2.3. Автоматическая телефонная связь	38
2.4. Проводная связь ГПС по линиям специальной связи «01»	48
2.5. Оперативно-диспетчерская проводная связь ГПС.....	50
Глава 3. ОСНОВЫ РАДИОСВЯЗИ	53
3.1. Структура и основные элементы радиосвязи	53
3.2. Излучение и распространение радиоволн.....	56
3.3. Антенно-фидерные устройства	64
3.4. Устройство и принцип работы радиостанций и их основных узлов.....	73
3.4.1. Передатчик	73
3.4.2. Приемник	83
3.5. Радиостанции, применяемые в пожарной охране	89
3.6. Многоканальные радиосистемы	92
3.7. Профессиональные подвижные системы радиосвязи.....	105
3.8. Транкинговые системы связи	110
3.9. Подвижные системы сотовой радиосвязи.....	115
3.10. Технологии уплотнения каналов связи	124
3.11. Беспроводные системы третьего поколения.....	131
Глава 4. ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ В ПОЖАРНОЙ ОХРАНЕ	133
4.1. Служба связи ГПС МЧС России.....	133
4.1.1. Концепция развития системы связи Государственной противопожарной службы МЧС России	134
4.1.2. Назначение и основные задачи службы связи ГПС МЧС России.....	135
4.2. Организация связи в пожарно-спасательных гарнизонах	138
4.3. Обобщенные структурные схемы организации оперативной связи ГПС МЧС России	141
4.3.1. Обобщенная структурная схема проводной связи ГПС	141
4.3.2. Организация обобщенной структурной схемы радиосвязи	143
4.3.3. Структурная схема организации связи на месте пожара.....	146
4.3.4. Организационная структура центра управления силами и средствами	148
4.3.5. Создание ЕДДС на базе ЦУС ГПС МЧС России	152
4.3.6. Организационная структура центра управления в кризисных ситуациях	158
4.3.7. Система обеспечения вызова экстренных оперативных служб через единый номер «112» на базе ЕДДС муниципальных образований.....	160

4.4. Структура сети связи в пожарно-спасательном гарнизоне	162
4.5. Математическое моделирование системы обслуживания сообщений о пожарах.....	167
4.5.1. Анализ информационных потоков по линиям специальной связи «101».....	167
4.5.2. Оценка интенсивности входного потока сообщений	170
4.5.3. Математическая модель системы приема первичных сообщений о пожарах	174
4.6. Методика определения необходимого числа линий специальной связи «101» и количества диспетчерского состава	180
4.7. Моделирование процесса обслуживания поступающих вызовов в системе оперативной радиосвязи.....	183
4.7.1. Математическая модель функционирования сетей оперативной радиосвязи I типа.....	186
4.7.2. Математическая модель функционирования сетей оперативной радиосвязи II типа	196
4.7.3. Алгоритм расчета и анализ основных характеристик функционирования системы оперативной радиосвязи ГПС	199
4.8. Организация связи и освещения на пожаре.....	206
4.9. Организация УКВ-радиосвязи в ГПС и расчет ее дальности действия	208
4.10. Планирование радиосетей и расчет электромагнитной совместимости радиосредств.....	213
4.10.1. Организация планирования радиосетей.....	213
4.10.2. Вопросы электромагнитной совместимости при планировании сетей радиосвязи пожарной охраны	214
4.10.3. Расчет ЭМС радиостанций пожарной охраны	221
4.10.3.1. Расчет ЭМС двух близко расположенных радиостанций	221
4.10.3.2. Расчет координационных расстояний	223
4.10.3.3. Расчет ЭМС трех радиосетей	225
4.11. Установка и настройка радиостанций	226
Глава 5. ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ В МЧС РОССИИ	234
5.1. Назначение, задачи и требования, предъявляемые к системе связи МЧС России	234
5.2. Виды и способы организации связи ГО	237
5.2.1. Организация радиосвязи.....	237
5.2.2. Организация проводной связи ГО	241
5.2.3. Организация радиорелейной и спутниковой (космической) связи	242
5.2.4. Развитие мобильных систем и комплексов связи в подразделениях МЧС России на базе использования радио- и спутниковых технологий	247
5.2.5. Состав системы связи ГО	249
5.2.5.1. Управление связью.....	250
5.2.5.2. Мероприятия по повышению устойчивости системы связи ГО.....	252
5.2.6. Современные требования к системе связи МЧС России.....	253
5.3. Основные направления дальнейшего развития системы связи МЧС России	254
5.3.1. Национальный Центр управления в кризисных ситуациях	255
5.3.1.1. Функционирование информационной системы НЦУКС	259

5.3.1.2. Алгоритм функционирования НЦУКС	263
5.3.1.3. Функционирование центрального зала управления НЦУКС в режиме ЧС.....	265
5.3.2. Территориально распределенная цифровая сеть связи с интеграцией услуг.....	267
5.3.3. Информационно-навигационные системы	270
5.3.4. Автоматизированная система централизованного оповещения.....	271
5.3.5. Автоматизированная система управления связью.....	272
5.3.6. Система технического обеспечения связи и оповещения	275
5.3.7. Совершенствование взаимодействия в системе связи МЧС России и направления ее дальнейшего развития	276
Глава 6. ЦИФРОВЫЕ СЕТИ СВЯЗИ	280
6.1. Развитие и внедрение телекоммуникационных технологий.....	280
6.1.1. Принципы планирования и построения цифровых сетей связи	281
6.1.2. Основы технологии цифровой передачи данных.....	283
6.1.3. Архитектура и топология ЦСС	292
6.1.4. Основные характеристики ЦСС.....	295
6.1.5. Общие характеристики трафика цифровых сетей связи	298
6.1.6. Теоретическая модель ЦСС.....	301
6.1.7. Стеки сетевых протоколов	336
6.1.8. Принципы объединения сетей	341
6.1.9. Технологии передачи информации для транспортных сетей	345
6.2. Системы телеобработки данных	348
6.2.1. Понятие о системах телеобработки.....	348
6.2.2. Организация передачи данных	353
6.2.3. Модемы	357
6.3. Основы построения компьютерных сетей	360
6.3.1. Общие сведения о компьютерных сетях.....	360
6.3.2. Сети передачи данных	365
6.3.3. Топология локальных компьютерных сетей	370
6.3.4. Физическая среда локальных компьютерных сетей	375
6.3.5. Мосты, шлюзы и маршрутизаторы.....	378
Глава 7. ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНОЙ.....	381
7.1. Управление и автоматизированные системы управления.....	381
7.2. Задачи, решаемые АСОУПО, и предпроектные изыскания.....	386
7.3. Общие сведения о потоках вызовов	393
7.4. Статистические характеристики потока вызовов, поступающих на ЦУС	397
7.5. Основные характеристики диспетчера как связующего звена АСОУПО.....	402
7.6. Оценка экономической эффективности АСОУПО	405
7.7. Технические средства и техническая реализация АСОУПО	408
7.7.1. Устройства и подсистемы пожарной сигнализации, включаемые в АСОУПО	408
7.7.2. Датчики контроля стоянки пожарных автомобилей в ПСЧ.....	412
7.7.3. Техническая реализация АСОУПО	415

Глава 8. ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДСТВ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ	420
8.1. Общие понятия о техническом обслуживании и надежности средств связи и управления	420
8.2. Виды технического обслуживания средств связи и управления	426
8.3. Задачи технического обслуживания средств связи и управления.....	428
8.4. Контроль технического состояния средств связи и управления	430
8.5. Периодичность и объем профилактики средств связи и управления	434
8.6. Оценка достаточности комплекта запасных частей, инструментов и принадлежностей средств связи и управления	440
8.7. Текущий ремонт средств связи и управления	442
8.8. Экономические показатели технического обслуживания средств связи и управления	445
8.9. Организация ремонта средств связи и управления	448
ЛИТЕРАТУРА	451

Учебное издание

ЗЫКОВ Владимир Иванович
СТЕПАНОВ Владимир Викторович
МОСЯГИН Александр Борисович
ПЕТРЕНКО Андрей Николаевич

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И СВЯЗЬ

Учебник

Под редакцией доктора технических наук,
профессора В. И. Зыкова

3-е издание, переработанное и дополненное

Редактор *Е. В. Ермакова*
Технический редактор *Г. А. Габдулина*
Корректор *Н. В. Федькова*

Подписано в печать 04.06.2019. Формат 60×90^{1/16}.
Печ. л. 28,5. Уч.-изд. л. 20,8. Бумага офсетная.
Тираж 400 экз. Заказ 165

Академия ГПС МЧС России
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4