

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное Государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего профессионального образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВПО «МГСУ**

**КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Дисциплина: Автоматизированные системы управления и связь.**

Лекция для дистанционной формы обучения студентов-заочников

Тема: **Основы радиосвязи**

## Введение

Основным способом оперативного управления подразделениями пожарной охраны являются сети радиосвязи, которые используются для организации основных видов связи:

- связь извещения;
- оперативно-диспетчерская связь;
- связь на пожаре;
- административно-управленческая связь.

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

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

### 3.1. Структура и основные элементы радиосвязи

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

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

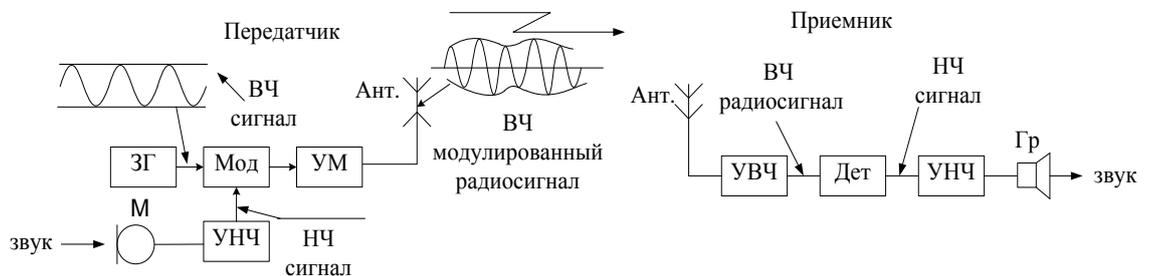


Рис. 1. Структурная схема радиосвязи

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

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

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

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

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

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

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

Симплексная – это такая радиосвязь, когда каждый абонент ведет только передачу или только прием поочередно, на одной несущей частоте

(рис. 2). При симплексной связи каждая радиостанция имеет одну антенну, которая при приеме и передаче переключается соответственно к входу приемника или к выходу передатчика.

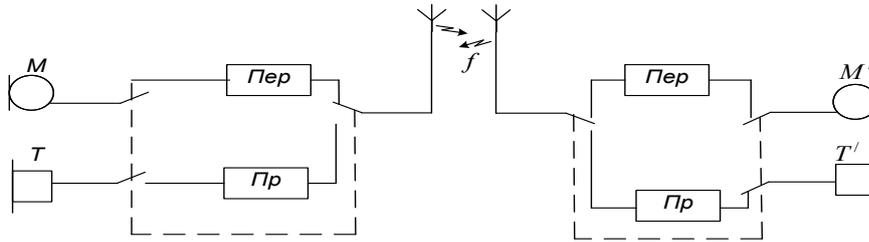


Рис.2. Структурная схема симплексной радиосвязи

Дуплексная – это такая радиосвязь, когда оба абонента ведут прием и передачу одновременно на двух несущих частотах. Для дуплексной радиосвязи требуется две разные несущие частоты, а передатчики и приемники должны иметь свои собственные антенны (рис. 3). Кроме того, на входе каждого приемника устанавливают специальный фильтр, дуплексер, не пропускающий колебаний высокой частоты передатчика на собственный приемник. Достоинством дуплексной радиосвязи является большая оперативность и пропускная способность связи, чем при симплексной связи.

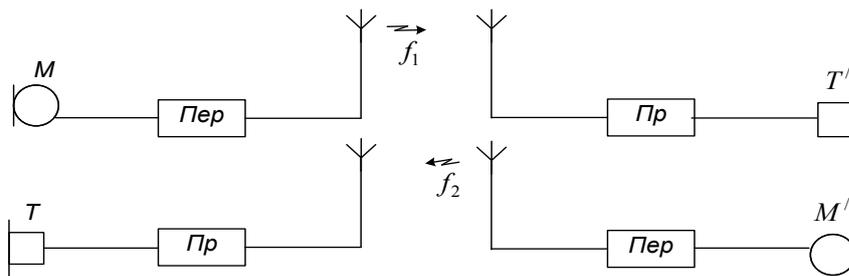


Рис. 3. Структурная схема дуплексной радиосвязи

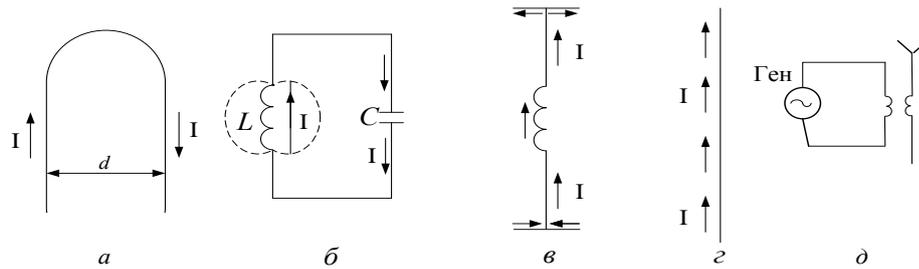
Радиосвязь имеет следующие преимущества перед проводной связью:

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

### 3.2. Излучение и распространение радиоволн

Электромагнитные волны излучаются проводником, по которому проходит ток высокой частоты. В согнутом в виде петли проводнике (рис. 4а) токи в двух его половинах направлены в противоположные стороны. Электромагнитные волны, создаваемые этими токами, противоположны по фазе и, если расстояние между проводами мало по сравнению с длиной волны, то эти волны будут в пространстве взаимно уничтожаться.

Следовательно, провод в виде петли не излучает электромагнитные волны. То же самое можно сказать и о закрытом колебательном контуре (рис. 4б).



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

Рис. 4. Направления токов в элементах колебательного контура

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

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

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

### 3.3. Графическое представление электромагнитных излучений

На рис. 5 приведено графическое изображение радиоволны излучаемой антенной, в виде двух синусоид, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях. Векторы электрического поля  $\vec{E}$  расположены в вертикальной плоскости, а векторы магнитного поля,  $\vec{H}$  - в горизонтальной плоскости. Оба вектора перпендикулярны вектору (Умова-Пойнтинга). Направление вектора  $\vec{\Pi}$  совпадает с направлением распространения радиоволн, а его длина в принятом масштабе соответствует количеству электромагнитной энергии, которую переносят радиоволны.

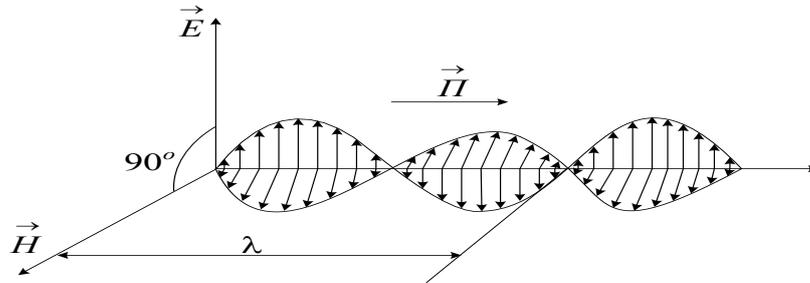


Рис. 5. Графическое изображение электромагнитной волны

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

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

где  $\vec{P}$  - плотность потока энергии, Вт/м<sup>2</sup>;

$P_{\text{изл}}$  – мощность излучения, Вт;

$r$  – расстояние от излучателя до точки приема, м.

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

Распространяющиеся от вибратора электромагнитные волны всегда имеют определенную поляризацию, т.е. электрические и магнитные силовые линии у них располагаются в определенных плоскостях (в плоскости проходящей через векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{P}$ ). На рис.5 показаны вертикально поляризованные радиоволны.

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

### 3.4. Схемы антенно-фидерных устройств

В простейшем случае антенное устройство для длинных, средних, а иногда коротких волн может быть выполнено в соответствии с рис.6. Над землей на некоторой высоте подвешивается сама антенна – провод или система проводов, играющая роль одной обкладки конденсаторов. Второй обкладкой является земля (антенна с заземлителем) или второй провод – противовес (антенна с противовесом), подвешенный невысоко над землей.

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

Мощность излучаемых радиоволн  $P_{\text{изл}}$  определяется

$$P_{\text{изл}} = I_A^2 \cdot R_{\text{изл}}, \text{ Вт; где } I_A \text{ – ток в пучности вибратора; } R_{\text{изл}} \text{ –}$$

сопротивление излучения вибратора, величины которого составляет 50-60 Ом.

Сопротивление излучения вибратора – это такое сопротивление, которое оказывает вибратор генератору, включенному в пучность тока (в середину вибратора):  $R_{изл} = 80 \cdot \pi^2 \left(\frac{\ell}{\lambda}\right)^2$ , Ом, где  $\ell$  - длина провода антенны;  $\lambda$  - длина волны.

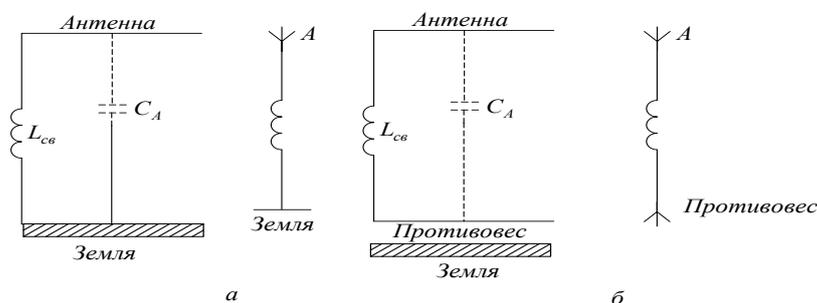


Рис. 6. Антенное устройство с заземлением (а) и противовесом (б)

### 3.4.1. Требования к антеннам и основные типы антенн

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

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

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

$$\ell = \lambda / 2$$

где  $\ell$  - длина вибратора;  $\lambda$  - длина волны, соответствующая частоте собственных колебаний вибратора.

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

### 3.4.2. Диаграммы направленности антенн

Полуволновый вибратор излучает радиоволны с неодинаковой интенсивностью в различных плоскостях. О направленности действия любой антенны дает представление соответствующая диаграмма

направленности, т.е. график, показывающий зависимость напряженности поля радиоволн от направления излучения. Различают диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Диаграммы могут быть получены аналитическим методом или опытным путем, например, измерением напряженности поля вокруг излучающей антенны (все измерения – на одинаковом расстоянии от антенны). Строятся диаграммы направленности как в полярных, так и в декартовых системах координат. Для большей наглядности чаще используются диаграммы, построенные в полярных координатах. В этом случае по окружности откладываются углы от  $0$  до  $360^{\circ}$ , а вдоль радиуса – отношение напряженности поля (для соответствующего направления) к его максимальной напряженности.

Диаграмма направленности полуволнового вибратора в горизонтальной плоскости представляет собой окружность. Это значит, что в горизонтальной плоскости такая антенна является ненаправленной (см. рис.8).

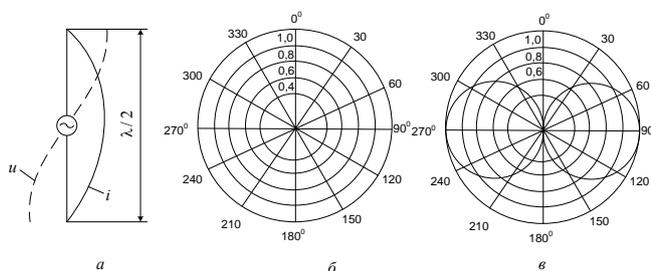


Рис.8. Диаграммы направленности полуволнового вибратора:

а – распределение тока и напряжения; б – диаграмма направленности в горизонтальной плоскости; в – диаграмма направленности в вертикальной плоскости

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

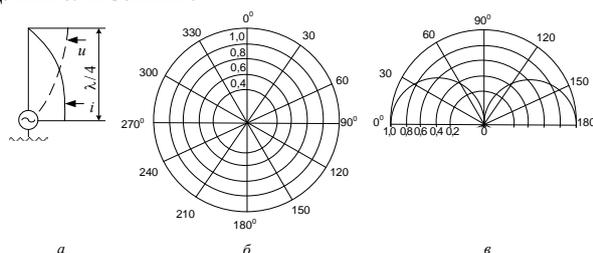


Рис. 8а. Диаграммы направленности четвертьволнового вибратора

Полуволновый вибратор излучает радиоволны с неодинаковой интенсивностью в различных плоскостях. О направленности действия любой антенны дает представление соответствующая диаграмма (направленности) действия любой антенны дает представление соответствующая диаграмма, т.е. график, показывающий зависимость напряженности поля радиоволн от направления излучения. Различают диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Диаграммы могут быть получены аналитическим методом или опытным путем, например, измерением напряженности поля вокруг излучающей антенны. Все измерения – на одинаковом расстоянии от антенны. Строятся

диаграммы направленности как в полярных, так и в декартовых системах координат. Для большей наглядности чаще используются диаграммы, построенные в полярных координатах. В этом случае по окружности откладываются углы от  $0$  до  $360^{\circ}$ , а вдоль радиуса – отношение напряженности поля (для соответствующего направления) к его максимальной напряженности.

Диаграмма направленности полуволнового вибратора в горизонтальной плоскости представляет собой окружность. Это значит, что в горизонтальной плоскости такая антенна является ненаправленной (всеенаправленной) (см. рис.8,б).

В вертикальной плоскости излучение вибратора происходит неодинаково в различных направлениях (см. рис.8,в). Наибольшая напряженность поля образуется в направлениях, перпендикулярных оси вибратора, а вдоль оси излучения нет.

Наряду с симметричным вибратором в УКВ радиосвязи находят применение антенны, основанные на принципе несимметричного вибратора. Такой вибратор образуется, если одну часть симметричного вибратора убрать, а освободившийся конец антенны соединить с землей. В оставшейся части вибратора распределение тока и напряжения не нарушится. Такой вибратор называется заземленным или несимметричным.

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

### 3.4.3. Основные параметры антенн

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

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

где  $G$  – коэффициент усиления;  $D$  – коэффициент направленного действия антенны;  $\eta_A$  – коэффициент полезного действия антенны;  $R_{II}$  – сопротивление потерь;  $R_A$  – сопротивление антенны. На практике коэффициент усиления антенны меньше коэффициента направленного действия, так как первый учитывает не только выигрыш мощности за счет

направленности, но и проигрыш за счет бесполезных потерь в реальной антенной системе.

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

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

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

### **3.4.5. Конструкции антенн, применяемых в пожарной охране**

В качестве антенн, устанавливаемых на ЦУС, пунктах связи части (ПСЧ) и других пунктах радиосвязи, чаще всего применяются стационарные антенны типа «стакан» (рис. 3.9.а). Такая антенна представляет собой симметричный полуволновый вибратор, состоящий из полых медных цилиндров 1 с заваренными верхними торцами. Верхняя и нижняя половины вибратора образуют как бы опрокинутые стаканы. Отсюда и название антенны. Оба «стакана» эквивалентны четвертьволновым отрезкам коаксиальной фидерной линии, замкнутой на конце. Такая линия для токов высокой частоты представляет собой конечное активное сопротивление. Поэтому, хотя верхнее и нижнее плечи вибратора имеют электрическое соединение с заземляемой металлической опорой 5, токи высокой частоты не замыкаются на землю. Геометрическая длина антенны выбирается равной  $l = \lambda/2$ , а входное сопротивление – около 72 Ом.

Рассмотренная конструкция антенны обеспечивает эффективное преобразование энергии токов высокой частоты в энергию радиоволн и одновременно выполняет роль молниеотвода. Диаграммы направленности антенны типа «стакан» в горизонтальной и вертикальной плоскостях аналогичны представленным на рис.8.б,в.

Для установки на подвижные объекты широкое применение находят штыревые антенны, обладающие ценными качествами: простотой конструкции и достаточной механической прочностью. Штыревая антенна представляет собой несимметричный четвертьволновый вибратор. Его входное сопротивление примерно в два раза меньше, чем у антенны типа «стакан». Конструктивно антенна выполняется в виде металлического штыря 1, пружины 2, проходного изолятора 3. Для согласования антенны с коаксиальным кабелем используется четвертьволновый трансформатор 4

(см. рис.9б). Экранирующая оплетка кабеля должна быть заземлена. Для подвижных объектов применять заземление невозможно, поэтому используют противовесы.

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

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

В носимых радиостанциях в основном применяются штыревые антенны системы Куликова. Они представляют собой вибраторы длиной от  $\lambda/4$  (и менее) до  $3/4 \lambda$ , выполненные в виде гибкого штыря. Основные элементы конструкции штыревой антенны представлены на рис.9в. Антенна состоит из стального троса 1 с нанизанными на него дюралюминиевыми звеньями 2, пружины 3, системы натяжения троса и замка 4, а также резьбового соединения 5 для крепления антенны к корпусу приемопередатчика. Антенна снабжена натяжным винтом с гайкой для регулировки натяжения троса в процессе эксплуатации.

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

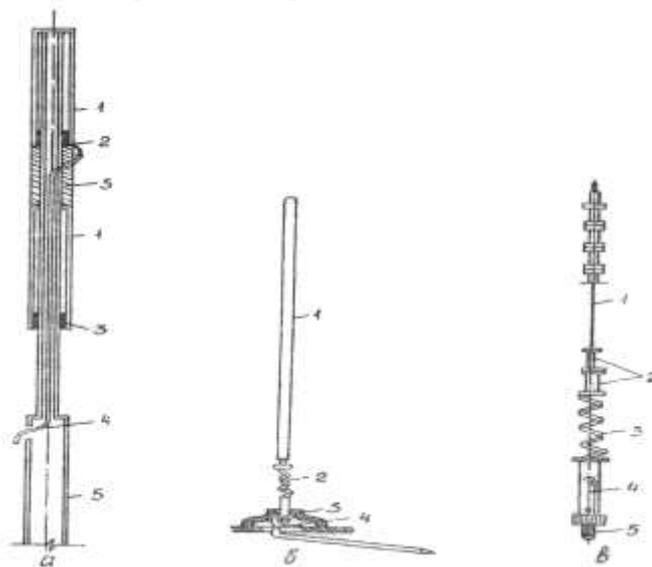


Рис.9. Конструкция антенн:

а – стационарная типа «стакан»: 1-металлические цилиндры (стаканы); 2-место подсоединения центральной жилы кабеля; 3-изолятор; 4-коаксиальный кабель; 5-металлическая опора; б – автомобильная штыревая: 1-металлический штырь; 2-пружина; 3-проходной изолятор; 4-согласующий четвертьволновой трансформатор; в – носимая антенна Куликова: 1-стальной трос; 2-металлические цилиндры; 3-пружина; 4-система натяжения троса и замок; 5-резьбовое соединение.

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

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

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

- выбор места оператора должен производиться с учетом особенностей распространения ультракоротких волн, которые, встречая на своем пути препятствия, отражаются и поглощаются ими;
- не располагаться с радиостанцией в непосредственной близости от крутых скатов, возвышенностей, насыпей, каменных и железобетонных зданий, металлических сооружений, поперечно идущих линий электропередач, линий проводной связи и т.д.;
- при ведении связи из зданий выбирать помещение с окнами, выходящими на корреспондента.

### 3.3.6. Фидерные устройства

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

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

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

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

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

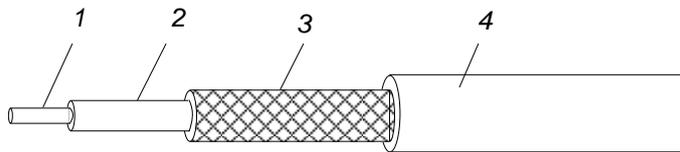


Рис. 10. Конструкция коаксиального кабеля:

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

## 4. Устройство и принцип работы радиостанций и их основных узлов

### 4.1. Структурная схема радиопередающего устройства

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

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

Так как низкочастотные колебания, вырабатываемые микрофоном, незначительны по величине, то их предварительно усиливают в УНЧ. Затем в модуляторе происходит взаимодействие этих колебаний с ВЧ колебаниями задающего генератора, в результате чего ВЧ колебания изменяют свою амплитуду (при амплитудной модуляции), частоту (при частотной модуляции) или фазу (при фазовой модуляции).

Модулированный сигнал перемножается в  $n$ -е число раз, усиливается предварительным усилителем, затем усилителем мощности и с помощью передающей антенны излучается в эфир.

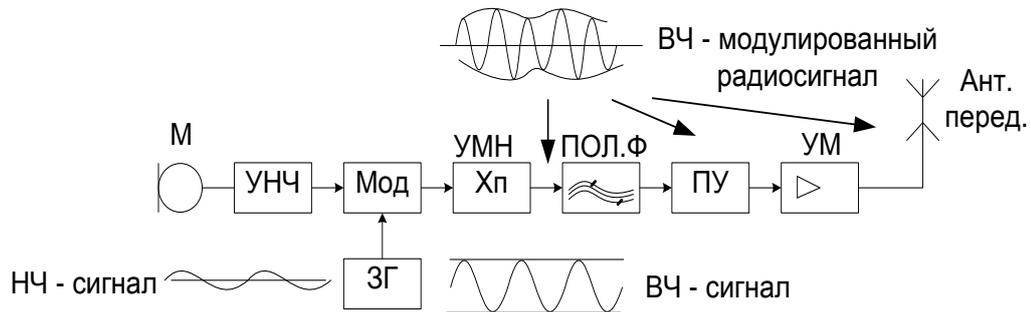


Рис. 1. Структурная схема радиопередающего устройства

### Принцип действия усилителя низкой частоты

Переменный сигнал из микрофона  $M$ , через разделительный конденсатор  $C_1$ , подается на вход транзистора  $VT_1$ , т.е. на базу транзистора в результате чего величина сопротивления его между эмиттером и коллектором будет уменьшаться при отрицательной полуволне и увеличиваться при положительной полуволне входного сигнала на базе (см. рис.2). Соответственно этим изменениям сопротивления транзистора будет изменяться и ток, протекающий от плюса батареи, через сопротивление эмиттера  $R_4$ , транзистор  $VT_1$ , сопротивление  $R_3$ , минус батареи. На сопротивлении  $R_3$  будет выделяться переменное напряжение, получаемое за счет напряжения источника постоянного тока ( $E$ ), питающего схему радиопередатчика. Причем, полученное таким образом переменное напряжение, соответствует частоте колебаний сигнала на входе транзистора. Усиленное напряжение снимается через разделительный конденсатор  $C_3$  для последующего использования в модуляторе.

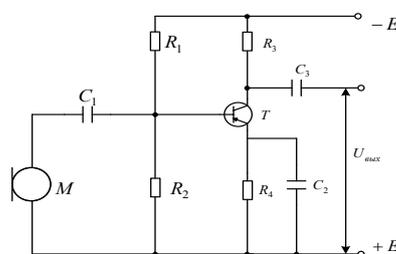


Рис. 2. Однокаскадный микрофонный усилитель звуковой частоты (УЗЧ)

Чем выше множитель частоты передатчика, тем труднее создать задающий генератор на эту частоту. Поэтому в радиопередатчиках

применяют схемы умножения частоты. Сущность умножения частоты заключается в том, что колебательный контур настраивается не на основную частоту задающего генератора (не на первую гармонику), а на вторую или третью гармонику. Тогда колебательный контур для частоты третьей гармоники будет обладать большим сопротивлением, а для других частот – малым. В этом случае на контуре будет выделяться сигнал только той частоты, на которую настроен контур, в данном случае частоту третьей гармоники. Если контур настроен на вторую гармонику, каскад называют удвоителем, если на третью – утроителем. Умножение в большее число раз в одном каскаде, как правило, не использует, так как чем выше номер гармоники, тем меньше ее амплитуда. Для умножения в большее число раз применяют несколько каскадов умножения.

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

## 4.2. Структурная схема радиоприемного устройства

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

### Основные характеристики радиоприемника

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

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

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

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

Различают радиоприемники прямого усиления и супергетеродинные. Приемник прямого усиления содержит – входное устройство, усилитель высокой частоты, детектор, усилитель низкой частоты, громкоговоритель или телефон (рис.3).

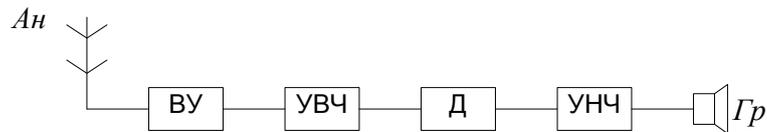


Рис. 3. Структурная схема приемника прямого усиления

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

На рис.4 представлена блок-схема супергетеродинного приемника. Высокочастотный сигнал от приемной антенны поступает во входное устройство. Входным приемным устройством приемника называют электрические цепи, связывающие вход первого каскада приемника (усилителя высокой частоты) с антенной. Входное устройство должно передавать напряжение принимаемого сигнала от антенны, на вход первого каскада приемника, ослабляя при этом напряжение всех прочих сигналов другой частоты. Для этого используют колебательные контуры, настраиваемые на частоту принимаемого сигнала. Принцип работы супергетеродинного приемника основан на том, что с помощью специального устройства, называемого преобразователем частоты, спектр принимаемого сигнала смещается в область более низких (промежуточных) частот и на них осуществляется основное усиление сигнала, что позволяет обеспечить высокую чувствительность и избирательность.

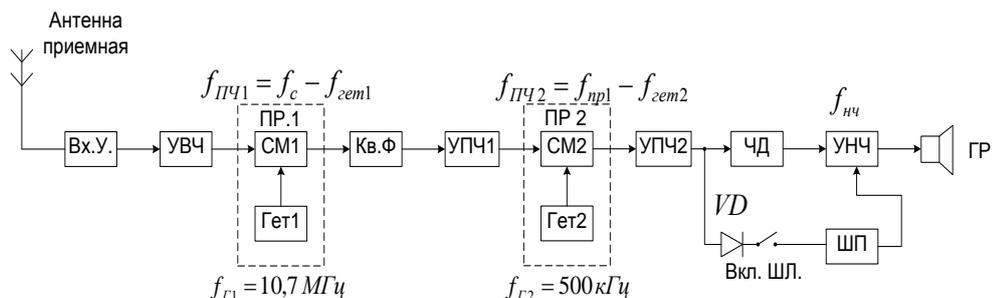


Рис. 4. Структурная схема супергетеродинного приемника

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

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

Ввиду нелинейности преобразователя частоты в нем получаются сложные колебания с различными составляющими, которые могут быть представлены в общем виде как  $f_{np} = \pm(mf_c \pm nf_c)$ , где  $m$  и  $n$  – любые целые числа.

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

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

Колебания первой промежуточной частоты  $f_{пр1} = 10,7$  МГц через кварцевый фильтр (КФ) подаются на усилитель первой промежуточной частоты (УПЧ-1), который усиливает колебания только первой промежуточной частоты. От УПЧ-1 колебания поступают на второй преобразователь Пр2, где преобразуются в колебания более низкой второй

промежуточной частоты ( $f_{\text{пр}2}=500$  кГц). Затем они усиливаются в УПЧ-2 и подаются на частотный детектор (ЧД). Основная функция частотного детектора – выделение низкочастотной составляющей из высокочастотного модулированного сигнала.

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

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

Ток детектора представляет собой сумму модулированного тока высокой частоты, переменного тока звуковой частоты. Сумма токов высокой частоты, переменного тока звуковой частоты. Сумма токов представляет собой электрические колебания, пульсирующие в соответствии со звуковой частотой (на рис.9б) показаны жирной штриховой линией).

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

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

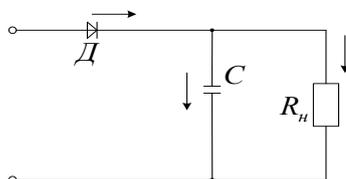


Рис. 3.28. Схема детектирования с помощью полупроводникового диода

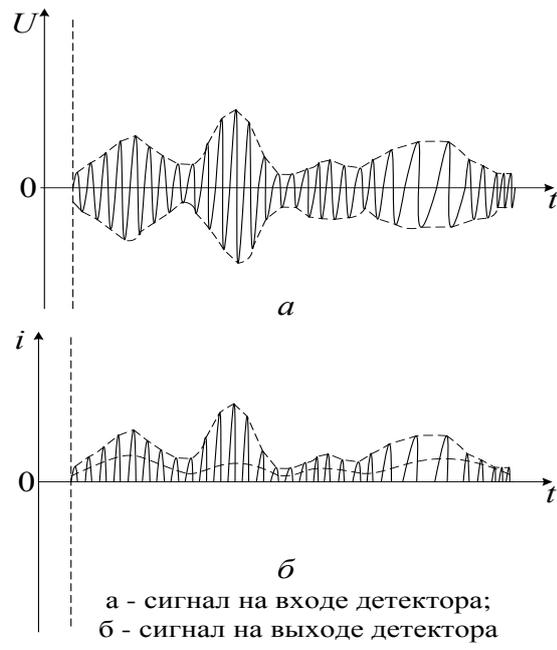


Рис. 5. Графики процесса детектирования

### 4.3. Особенности распространения радиоволн КВ и УКВ диапазонов и деление радиоволн на диапазоны

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

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

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

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

Кроме того, радиоволны поглощаются твердыми диэлектриками, полупроводниками и проводниками при встрече с ними. Поглощение радиоволн проводником объясняется тем, что электромагнитная волна приводит в движение электроны проводника и создает в нем ток высокой частоты. На образование этого тока и расходуется электромагнитная энергия радиоволны. Если электромагнитная волна движется вдоль проводника, то поглощение энергии гораздо меньше. Поэтому над проводящей поверхностью, например водой, железнодорожными рельсами, радиоволны распространяются дальше, чем над сухой землей.

При распространении радиоволны (особенно в городах) поглощаются не только землей, но и металлическими крышами, железобетонными

сооружениями и другими электропроводящими сооружениями. Радиоволны при встрече с электропроводящими телами способны отражаться. Физический смысл отражения радиоволн заключается в том, что падающая радиоволна создает в поверхностном слое отражающего тела токи, которые дают излучение новых, т.е. отраженных радиоволн.

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

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

В соответствии с международным регламентом радиосвязи радиоволны занимают полосу электромагнитных частот от  $3 \cdot 10^3$  до  $30 \cdot 10^{12}$  Гц и делятся на девять диапазонов (табл. 1).

Таблица .1

**Диапазоны радиоволн**

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

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

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

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

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

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

## **5. РАДИОСТАНЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПОЖАРНОЙ ОХРАНЕ**

Широкое применение в народном хозяйстве для организации производственной связи находят следующие КВ радиостанции. Стационарные: “Ангара-1С” (2Р20С-2), “Гроза-2” (30РТ-5-2-ОМ), “Нива-М” (62РТ-0,5-2-ОМ), “Полоса-2” (28РТ-50-2-ОМ), “Родник-2” (5РТ-300-2-ОМ); переносные: “Алмаз-М” (41РТ-5-2-ОМ), “Гроза-2П” (30ОР-5-2-ОМ-П); носимые: “Ангара-1Н” (2Р20Н-1), “Карат-М” (61РТ-0,5-2-ОМ). Указанные радиостанции используются в основном для организации связи на значительных расстояниях (от 50 до 2000 км). Часть из них может работать в телефонном и телеграфном режимах.

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

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

номер 30; выходная мощность излучения передатчика 5 Вт; 2-го класса с однополосной модуляцией; шифр “Гроза-2”.

По своим тактико-техническим параметрам радиостанция “Полоса-2” (28РТ-50-2-ОМ) наиболее полно удовлетворяет требованиям организации радиосвязи в пожарной охране на большие расстояния. Коротковолновая радиостанция “Полоса-2” (28РТ-50-2-ОМ) используется для осуществления связи между гарнизонами либо подразделениями одного гарнизона, находящимися на расстоянии друг от друга от 50 до 300 км. Особенность указанной радиостанции состоит в том, что она предназначена для обеспечения симплексной или дуплексной телефонной (или телеграфной) связи на четырех фиксированных частотах в диапазонах 300–600 и 1000–8000 кГц. Данная радиостанция может использоваться как в стационарных, так и в полевых условиях. В стационарных условиях питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 127/220 В, в полевых – от аккумуляторной батареи типа НКН-60 напряжением 24 В. Дальность связи зависит от типа применяемых антенны и рабочей частоты канала. Мощность передатчика составляет 30 Вт, а чувствительность приемника-3 мкВ.

Достаточно широко в пожарной охране применяются радиостанции типа “Пальма”, обеспечивающие бесперерывную, бесподстроечную телефонную радиосвязь с однотипными радиостанциями, а также с комплексом радиостанций диапазона 140-174 МГц (ОВЧ-диапазона). Эти радиостанции работают в симплексном режиме с частотной модуляцией. Работа может осуществляться на любом из трех фиксированных каналов связи. Основные технические характеристики радиостанций типа “Пальма” приведены в табл.3.3.

Отличительной особенностью радиостанций этого типа является наличие системы трехчастотного избирательного вызова. Посылка тонального вызова осуществляется на одном из трех каналов в течение 2–3 с, после чего необходимый корреспондент вызывается голосом. Одновременно во всех радиостанциях, работающих в режиме дежурного приема на соответствующих рабочих каналах и каналах тонального вызова, включается тракт низкой частоты на 10–15 с, в течение которых сообщаются позывные вызываемого корреспондента и устанавливается связь.

В состав стационарной радиостанции “Пальма” 52 РТС-А2-ЧМ входят приемопередатчик, сетевой блок питания, два распределителя, антенна типа “стакан”, индикатор мощности, монтажная рама, соединительные кабели, дистанционный пульт для управления радиостанцией из одного пункта на расстоянии до 100 м (либо два пульта управления в составе радиостанции 53 РТС-А2-ЧМ, позволяющих устанавливать связь с двух пунктов на расстоянии до 100 м). Для подключения пультов управления к радиостанциям применяются экранированные соединительные кабели. Возможно и непосредственное соединение радиостанций с пультом.

Носимые радиостанции предназначены в основном для организации связи на месте пожара. В последнее время они все чаще используются в подразделениях пожарной охраны, занимающихся профилактикой. Основные технические характеристики перечисленных носимых радиостанций приведены в табл.3.5. Носимые радиостанции типа “Сирена” (23РТН-2-ЧМ) и «Транспорт-Н» позволяют осуществлять совместную работу со стационарными и мобильными радиостанциями “Пальма”. Для совместной работы с радиостанциями “Гранит” предназначены носимые радиостанции “Кактус” (21 РТН-2-ЧМ) и портативные “Ласточка” (20 РТП-2-ЧМ).

Носимые и портативные радиостанции имеют небольшие габариты и массу, отличаются простотой в обращении. Все перечисленные радиостанции обеспечивают от одной аккумуляторной батареи не менее 8ч непрерывной работы при соотношении времени приема к времени передачи 8:1. В комплект радиостанций входят приемопередатчики, выносной манипулятор, антенна, сумка (или ремень) для переноски радиостанции, три аккумуляторных блока питания.

Блок питания представляет собой пластмассовую кассету, в которой размещается батарея последовательно соединенных аккумуляторов типа ЦНК-0,45 (для всех радиостанций, кроме “Сирены”, у которой используются аккумуляторы типа ЦНК-0,9).

На верхней лицевой панели радиостанций размещены гнезда для подключения антенны и манипулятора и два тумблера: один – для включения и выключения радиостанции, второй – для включения и выключения шумоподавителя.

Управление режимом работы радиостанций осуществляется с помощью манипулятора. На его корпусе расположены тангенты “Тон” и ”Передача”, а также лампа индикации разряда батареи. В корпус манипулятора вмонтирован обратимый динамик, который в режиме передачи выполняет функции микрофона. Схема индикации разряда срабатывает и подает световой сигнал при снижении питающих напряжений с 7,5 до 6 В или с 12,5 до 10 В в зависимости от типа радиостанции.

В последнее время внедряется многоканальная система радиосвязи “Виола”, которая предназначена для организации низовой УКВ радиосвязи в органах внутренних дел или в подразделениях ГПС на территории большого города или области. В состав комплекса “Виола” входят центральная, стационарная, мобильные, мотоциклетные и носимые радиостанции; устройства селективного вызова, дистанционного управления, выхода на телефонную сеть, ретрансляции сообщений и т.д.

## **6. МНОГОКАНАЛЬНЫЕ РАДИОСИСТЕМЫ**

Система УКВ радиосвязи “Виола” является симплексной многоканальной системой, обеспечивающей связь на любом из 40 каналов

в полосе частот 1 МГц в диапазонах 148-149 или 172-173 МГц. Она позволяет организовать взаимодействие и абонентов нескольких радиосетей, полуавтоматическое сопряжение абонентов АТС с радиоабонентами по инициативе любого из них. В систему входят:

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

2. Аппаратура циркулярной связи (АПРС).

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

4. Носимые радиостанции “Виола-Н”.

5. Аппаратура ретрансляции “Виола-Л”.

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

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

## 7. ТРАНКИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

С увеличением числа потребителей резко возрастает дефицит рабочих частот. Для повышения эффективности использования каждой рабочей частоты предложено применять транкинговые системы.

Под *транкингом* понимается динамическое распределение ограниченного количества каналов связи среди большого числа абонентов. Управление доступом к свободным радиоканалам осуществляет транкинговая система, а не пользователь. Как и в телефонной сети абонент может указать конечный пункт, а не маршрут, по которому будет произведено соединение двух корреспондентов (пользователей).

Сейчас разработаны в основном две группы транкинговых систем. Первая группа осуществляет работу в диапазоне 800 МГц и включает в себя большинство американских систем.

Вторая группа – это системы, разработанные первоначально в Великобритании для организации радиотелефонных сетей в диапазоне 174-225 МГц. В настоящее время выпускается радиооборудование для транкинговых систем связи практически во всем диапазоне частот от 66 до 900 МГц многими фирмами, что позволяет им постоянно развиваться и совершенствоваться.

К транкинговым (транковым) системам относятся радиально-зоновые системы наземной подвижной радиосвязи, использующие автоматическое распределение каналов связи ретрансляторов между абонентами, в совокупности заполняющие обширную нишу между «обычными» портативными радиостанциями и сотовыми телефонами.

С технической точки зрения современные транкинговые системы имеют не так уж много существенных отличий от сотовых систем. Основная разница заключается, скорее, в их функциональном назначении. Транкинговые системы, как правило, предназначены для организации замкнутых производственных сетей, где основная доля трафика (до 90 %) приходится на внутренние связи. Применяются находят абонентские терминалы различных типов: персональные, мобильные, стационарные. Площадь обслуживаемой территории может достигать размеров административного района или области. Ядро системы – базовая станция, являющаяся многоканальным интеллектуальным ретранслятором. Известны и разветвленные многозоновые системы, где одновременно функционируют несколько базовых станций, связанных между собой магистральными линиями связи. В зависимости от типа застройки обслуживаемого района, класса абонентского оборудования, высоты установки антенны и рельефа местности транкинговая система позволяет обслуживать зоны, радиусом от 2 до 80 км, одной базовой станцией.

Существуют три основные конфигурации транкинговых систем связи: однозоновая; многозоновая, включающая несколько однозоновых; и региональная, объединяющая несколько многозоновых.

#### ***Однозоновая система.***

Базовая станция состоит из ретрансляторов с канальными контролерами (по одному на каждый канал) и зонового контролера. Один из каналов является управляющим, остальные рабочими. Управляющий канал используется для передачи.

На 16 каналах может быть обеспечена работа до 4000 абонентов, при этом возможна связь как между двумя подвижными абонентами, так и подвижного абонента с абонентом ГАТС и наоборот. Для России в настоящее время эксплуатируется система Smar Trank II в диапазоне частот 146-174 и 400-470 МГц (система имеет терминал телефонного подключения для выхода в АТС, который установлен в одном корпусе с зоновым контролером).

В отличие от сотовых сетей в транкинговых системах для соединения базовых станций, включающих 8 частотных каналов на 1100 абонентов,

встает задача расчета так называемого координационного расстояния, т.е. минимального территориального разнеса базовых станций, при котором возможно работать на совпадающих частотах.

Таким образом, транкинговые системы позволяют наиболее эффективно использовать частотный спектр и организовать сети радио и радиотелефонной связи.

Основные преимущества транкинговой системы связи:

1. Эффективное использование частотного спектра даже для небольшого гарнизона пожарной охраны.

2. Возможность связи подвижного абонента с любым абонентом города и наоборот.

3. Существенная экономическая выгода внедрения такой системы, т.к. для соединения базовых станций используются существующие телефонные каналы связи (например, в сотовых системах нужны свои выделенные нормированные каналы проводной связи). 20 абонентов сотовой системы платят на 100 тыс. дол. в год больше, чем в транкинговой системе связи.

4. Канал управления позволяет: обеспечить возможность ведения групповых и индивидуальных разговоров и связи с абонентами АТС; автоматическую постановку на очередь, когда заняты все каналы; присвоение абонентам до 8 уровней приоритета.

Стоимость монтажа базовой станции под ключ не менее 5000 дол.США, абонентской станции 500-1000 дол. США. В настоящее время большинство транкинговых систем подвижной связи используют оборудование стандарта МРТ 1327 с централизованным управлением.

### ***Алгоритм работы системы***

Структурная схема транкинговой системы радиотелефонной связи представлена на рис.12. Соединение между двумя абонентскими мобильными станциями (АС) происходит следующим образом.

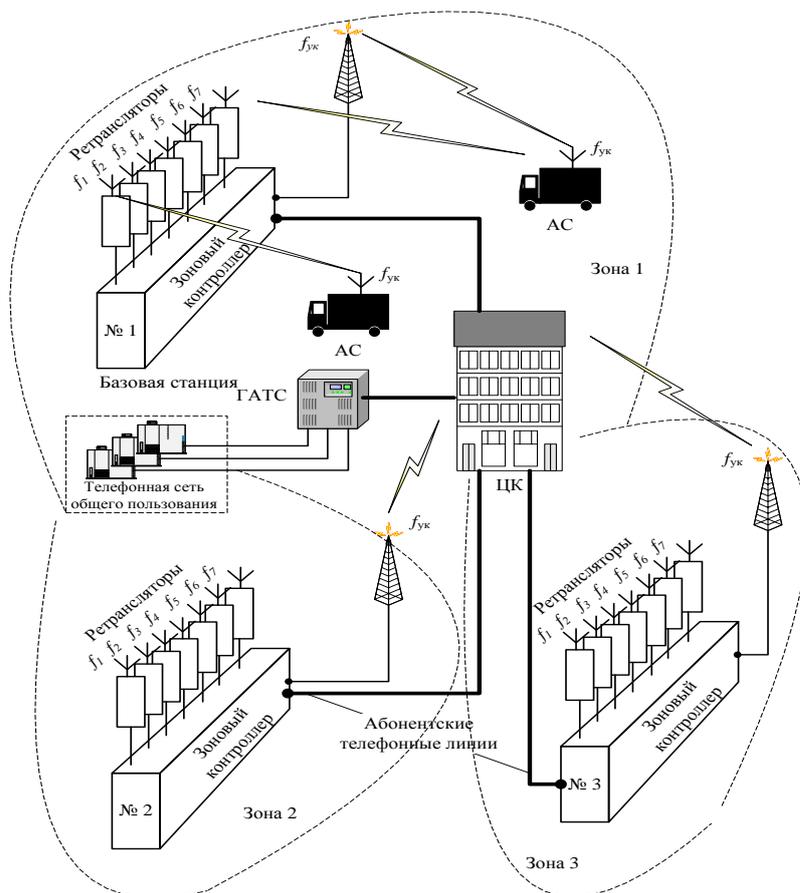


Рис. 12. Структурная схема транкинговой системы радиотелефонной связи:  
 $f_{ук}$  – канал управления и сбора информации о местонахождении АС; ЦК –  
 центральный контроллер

В режиме ожидания все АС находятся на приеме на канале  $f_{ук}$  (канал управления может быть использован для передачи важных сообщений, например, аварийных вызовов). Для вызова АС на  $f_{ук}$  посылают запрос на зонный контроллер (ЗК), который выбирает свободный рабочий канал (один из 8) и сообщает на канале  $f_{ук}$  обеим АС об этом рабочем канале ( $f_{1-7}$ ). После этого обе АС переключаются на рабочий канал  $f_p$  и связываются между собой. После окончания сеанса связи обе АС освобождают  $f_p$  и переключаются на частоту  $f_{ук}$ . Рабочий канал освобождается и поступает в общее пользование для всех абонентов сети связи.

В многозонавой системе часть каналов в каждой зоне выделяется под обслуживание межзонавых коммутаций. Базовые станции различных зон должны соединяться линиями связи. Для этого используются обычные абонентские телефонные линии ГТС, что позволяет в несколько раз снизить стоимость системы.

Зоновый контроллер запрашивает центральный контроллер (ЦК) о месте нахождения вызываемого абонента. Если он находится в той же зоне, то дальнейшее соединение происходит так, как было описано выше.

Если вызываемый абонент находится в другой зоне, ЦК разрешает маршрут соединения и отправляет сигнал на ЗК, который обеспечивает

связь с нужной зоной по коммутируемой им выделенной линии. В дальнейшем связь базовых станций должна осуществляться на рабочих частотах  $f_1$ - $f_8$ .

Таким образом, транкинговые системы позволяют наиболее эффективно использовать частотный спектр и организовать сети радио и радиотелефонной связи.

Для выхода в телефонную сеть или вызова АС пользователь должен набрать идентификатор абонента или телефонный номер, затем ввести команду, состоящую из одной цифры, и завершить набор нажатием клавиши «\*». После этого АС на  $f_{ук}$  передает пакет с запросом на соединение, содержащий в себе номер вызываемого абонента. В случае приема базовой станцией пакета вызова, она выдает сигнал подтверждения и производит либо передачу вызова нужной АС, либо набор телефонного номера сети общего пользования. Если АС не удастся установить соединение, то она выдает пользователю тональный сигнал «занято» и продолжает работу (или сканирование каналов) на  $f_{ук}$  ожидая нового вызова.

Каждая АС в данной системе имеет два идентификатора: персональный и групповой. Любой абонент, набрав групповой идентификатор, установленной у определенной группы пользователей, может связаться сразу со всеми пользователями этой группы, незанятыми переговорами в других каналах (это может быть необходимо для связи руководителя со своими подчиненными).

Транкинговые сети общего пользования в основном разворачиваются как средство более доступной по стоимости альтернативы сотовым сетям.

Основными услугами являются различные виды голосовой связи (между парой абонентских станций, группой станций, диспетчерская связь и т.д.). Существенно реже в транкинговых сетях осуществляется передача данных (коротких сообщений и файлов произвольной длины), хотя отмечается тенденция к повышению удельного веса этих услуг. В большинстве случаев связь аналоговая (стандарты SmartTrunk и многие другие), но существуют и полностью цифровые системы (например, стандарт TETRA). Тенденция перехода к цифровой связи достаточно выражена. Некоторые системы занимают промежуточное положение, обеспечивая голосовую связь в аналоговом виде, а передачу данных – по цифровому каналу (при этом часто используется канал управления). Скорость передачи данных невысока и составляет порядка нескольких килобит в секунду (это не относится к новым цифровым стандартам, где скорость может достигать существенно больших значений).

Достоинством транкинговых сетей является быстрое установление соединений (около 0,3с) и простота организации групповой связи. Эти достоинства особо ценятся в сетях специальной связи.

Большинство действующих транкинговых систем используют полудуплексные абонентские станции. Во многом это объясняется их относительно невысокой стоимостью. В то же время вновь

разрабатываемые и развертываемые системы рассчитаны, как правило, на дуплексную связь. Это гораздо удобнее для потребителей и позволяет организовать соединение абонентов транкинговых сетей и сетей общего пользования.

Еще одной особенностью транкинговых систем является их разнообразие. Абонентская аппаратура и базовые станции выпускаются множеством фирм во всем мире. Известно большое количество стандартов и систем, построенных на их основе. К сожалению, взаимная совместимость здесь поддерживается, как правило, только на «внутривидовом» уровне. Это обстоятельство необходимо учитывать при развертывании и модернизации сетей.

Транкинговые системы обладают хорошими возможностями для организации корпоративных сетей с услугами голосовой связи и низкоскоростной передачи данных в пределах ограниченного региона с предоставлением каналов по запросу. Наличие принципиальной возможности сопряжения их с другими техническими средствами телекоммуникационной сети компании через сети общего пользования или учрежденческие АТС позволяет создавать достаточно гибкие и универсальные информационные подсети.

Небольшая транкинговая сеть может быть собственностью одной компании или принадлежать сразу нескольким компаниям, причем у каждой будет возможность создания на ее основе своей виртуальной подсети. Такие системы действуют на ограниченной территории и обслуживаются одной базовой станцией. Они могут развертываться и эксплуатироваться непосредственно самими потребителями услуг.

### **Заключение**

Таким образом, радиостанции пожарной охраны позволяют организовать сети радио и радиотелефонной связи и наиболее эффективно использовать выделенный частотный спектр. Кроме того средства радиосвязи позволяют организовывать современные системы радиосвязи, такие как сотовые и транкинговые системы связи подвижных абонентов с возможностью выхода на абонентов городских АТС.

Так транкинговые системы радиосвязи обладают хорошими возможностями для организации корпоративных сетей с услугами голосовой связи и низкоскоростной передачи данных в пределах ограниченного региона с предоставлением каналов по запросу. Наличие принципиальной возможности сопряжения их с другими техническими средствами телекоммуникационной сети через сети общего пользования или учрежденческие АТС позволяет создавать достаточно гибкие и универсальные информационные подсети.

**Литература, используемая при подготовке лекции:**

1. . Зыков В.И.. Автоматизированные системы управления и связь. Уч. пособие. М.: АГПС, 2006. – 665 с.
2. Долуханов В.А. Распространение электромагнитных радиоволн. М.: Радио и связь, 1994.
3. Зыков В.И. и др. «Методические указания на расчетно-графические работы по курсу: «Автоматизированные системы оперативного управления и связь в пожарной охране». – М.: МИПБ МВД РФ, 1987.
4. Приказ МВД России № 700 от 30 июня 2000 г. «Об утверждении наставления по организации службы связи ГПС. М.: МВД России, 2000. – 183 с.