

**МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

***ДЕПАРТАМЕНТ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ И КАДРОВ***

**ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИОСВЯЗИ
В ОРГАНАХ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ**

Учебное пособие

2-е издание

*Допущено Министерством внутренних дел
Российской Федерации в качестве учебного пособия
для курсантов и слушателей образовательных организаций
высшего образования системы МВД России*

**Москва
2018**

Рецензенты:

А. Б. Сизоненко, доктор технических наук, доцент
(Краснодарский университет МВД России);

Р. Ф. Садриев,

С. Н. Бобров, кандидат юридических наук, доцент
(Московский университет МВД России имени В. Я. Кикотя);

А. Ю. Иванов, доктор технических наук, профессор,

А. И. Примакин, доктор технических наук, профессор
(Санкт-Петербургский университет МВД России)

Авторский коллектив:

О. И. Бокова, доктор технических наук, профессор;

Н. С. Хохлов, доктор технических наук, профессор;

С. Н. Ляшенко;

О. В. Пьянков, кандидат технических наук, доцент;

А. Н. Глушков, кандидат технических наук

О-64 **Организация радиосвязи в органах внутренних дел:** учебное пособие / О.И. Бокова [и др.]. — 2-е изд. — М.: ДГСК МВД России, 2018. — 128 с.

Рассматриваются основы организации связи, развертывания и эксплуатации сетей связи в органах внутренних дел. Пособие предназначено для профессорско-преподавательского состава, курсантов и слушателей образовательных организаций МВД России, практических сотрудников подразделений информационных технологий, связи и защиты информации органов внутренних дел.

© ДГСК МВД России, 2018

© ООО ИПК «Медиа-Принт»,
макет, оформление, 2018

Оглавление

Введение	5
Глава 1. Основы организации радиосвязи	6
1.1. Общие принципы построения систем радиосвязи	6
1.2. Способы организации радиосетей	10
1.3. Особенности организации системы связи МВД России	14
1.4. Цифровые радиосистемы связи	20
1.5. Основные виды и стандарты систем радиосвязи, применяемые в органах внутренних дел	21
1.5.1. Система радиосвязи стандарта APCO-25	21
1.5.2. Система радиосвязи стандарта DMR	28
1.6. Типовые схемы организации радиосвязи для территориальных органов МВД России на базе оборудования DMR	39
1.7. Радиосвязь с использованием RoIP-шлюзов	43
Глава 2. Развертывание сетей радиосвязи	51
2.1. Задача частотно-территориального планирования при развёртывании сетей радиосвязи ОВД	52
2.2. Технические характеристики радиоэлектронных средств, влияющие на их электромагнитную совместимость	54
2.3. Основы ЧТП для систем радиосвязи ОВД	55
2.3.1. Методы анализа ЭМС РЭС и технические нормы частотно-территориального планирования	55
2.3.2. Влияние промышленных помех	59
2.4. Нормирование параметров радиоизлучения и приема	60
2.5. Порядок частотно-территориального планирования сетей связи ОВД	64
2.6. Последовательность частотно-территориального планирования сети подвижной радиосвязи DMR	65
2.6.1. Последовательность территориального планирования сети DMR	66
2.6.2. Практическая реализация алгоритма ЧТП для систем радиосвязи на основе современных стандартов связи	67

2.7. Технические требования к оборудованию и системе радиосвязи органов внутренних дел.	68
2.8. Требования к типовым схемам организации радиосвязи для территориальных органов МВД России . . .	80
2.8.1. Особенности организации сетей связи для территориальных органов МВД России на базе оборудования DMR	82
Глава 3. Основы эксплуатации сетей радиосвязи	85
3.1. Основы технической эксплуатации цифровых систем радиосвязи.	85
3.1.1. Организация систем технической эксплуатации и управления	85
3.1.2. Стратегии технического обслуживания	93
3.2. Измерения при эксплуатации цифровых систем передачи.	96
3.2.1. Виды измерений	97
3.2.2. Настройка систем связи	98
3.2.3. Автоматизация процессов технического обслуживания	100
3.3. Техническое обслуживание систем связи в процессе эксплуатации.	103
3.4. Особенности технической эксплуатации цифровых транкинговых систем радиосвязи	112
Заключение	119
Список сокращений	120
Литература	123

Введение

Радиосвязь является основным видом связи со стационарными и подвижными объектами, а в ряде случаев единственным видом связи, обеспечивающим управление органами и подразделениями внутренних дел Министерства внутренних дел Российской Федерации при осложнении оперативной обстановки и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Использование радиосвязи позволяет в короткие сроки сконцентрировать в нужном месте необходимое количество оперативных сил и средств для проведения мероприятий, согласовать по месту и времени их действия и осуществлять единое руководство ими.

В соответствии с Федеральным законом «О полиции» от 07.02.2011 № 3-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «полиция в своей деятельности обязана использовать достижения науки и техники, информационные системы, сети связи, а также современную информационно-телекоммуникационную инфраструктуру» [1].

Совершенствование системы радиосвязи органов внутренних дел осуществляется путем развертывания в интересах подразделений МВД России перспективных цифровых систем. Главной задачей, которую ставит руководство МВД на данном этапе, является массовое внедрение цифровых комплексов радиосвязи в деятельность органов внутренних дел, доведение цифровых технологий до каждого сотрудника полиции, повышение качества выполнения функциональных обязанностей сотрудниками с помощью инновационных технологий.

Перспективная ведомственная система связи позволит в полной мере реализовать все требования и возможности системы управления силами и средствами, что, в свою очередь, положительно отразится на качестве выполнения служебно-боевых задач органами внутренних дел и, соответственно, на безопасности общества в целом, безопасности каждого отдельного гражданина.

Глава 1.

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАДИОСВЯЗИ

1.1. Общие принципы построения систем радиосвязи

Радиосвязь — вид электросвязи, осуществляемый с помощью радиоволн. Под радиоволнами принято понимать электромагнитные волны, частота которых выше 30 кГц и ниже 3000 ГГц, распространяющиеся в среде без искусственных направляющих сред (линий). С понятием радиоволны тесно связано понятие радиочастоты, т.е. частоты радиоволн.

Скорость распространения электромагнитных волн в какой-либо среде равна

$$v = \frac{c}{\sqrt{\mu\varepsilon}},$$

где c — скорость распространения света в вакууме; ε — диэлектрическая, μ — магнитная проницаемость среды. Для воздуха $\varepsilon \approx \mu \approx 1$, а скорость распространения электромагнитных волн близка к скорости света в вакууме, т.е. $v \approx 3 \cdot 10^8$ м/с.

Электромагнитные волны создаются источником периодически изменяющейся ЭДС с периодом T . Если в некоторый момент электромагнитное поле (ЭМП) имело максимальное значение, то такое же значение оно будет иметь спустя время T . За это время ЭМП переместится на расстояние

$$\lambda = v T.$$

Минимальное расстояние между двумя точками пространства, поле в котором имеет одинаковое значение, называется *длиной волны*. Длина волны зависит от скорости ее распространения и периода T ЭДС, передающей это поле. Так как частота тока равна $f = 1/T$, то длина волны

$$\lambda = \frac{v}{f}.$$

Длина волны λ связана с частотой колебания f соотношением

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{f}.$$

Радиочастотный спектр — область частот, занимаемая радиоволнами. *Полоса частот* — область частот, ограниченная нижним и верхним пределами. *Диапазон частот* — полоса частот, которой присвоено условное наименование.

В соответствии с Регламентом радиосвязи [2] весь радиочастотный спектр разделен на 12 диапазонов, которые определены как области радиочастот, равные $(0,3...3) \cdot 10^N$ Гц, где N — номер диапазона. Для целей радиосвязи используется девять диапазонов и, следовательно, $N = 4... 12$.

Диапазон радиоволн — определенный непрерывный участок длин радиоволн, которому присвоено условное метрическое наименование. Каждому диапазону радиоволн соответствует определенный диапазон радиочастот.

Классификация диапазонов радиочастот или радиоволн приведена в табл. 1.1 [2, 3]. Такая классификация в первую очередь связана с особенностями распространения радиоволн и их использования.

Кроме того, в технике радиосвязи широкое применение находят следующие понятия: *диапазон рабочих радиочастот* — полоса частот, в пределах которой обеспечивается работа радиостанции; *сетка рабочих радиочастот (сетка частот)* — множество следующих через заданные интервалы рабочих радиочастот; *шаг сетки рабочих радиочастот (шаг сетки частот)* — разность между соседними дискретными значениями рабочих частот, входящих в их сетку; *радиостанция* — один или несколько передатчиков и приёмников или их комбинация, включая вспомогательное оборудование, необходимые для осуществления радиосвязи; *присвоенная полоса радиочастот* — полоса частот, в пределах которой радиостанции разрешено излучение; *рабочий канал* — полоса частот, которая используется для передачи информации (сообщения); *присвоенная радиочастота* — частота, соответствующая середине присвоенной радиостанции полосы частот; *рабочая радиочастота* — частота, предназначенная для ведения радиосвязи радиостанцией.

Для формирования радиосигнала и передачи его на расстоянии посредством радиоволн используются различные радиосистемы связи. *Радиосистема связи* представляет собой комплекс радиотехнического оборудования и других технических средств, предназначенных для организации радиосвязи в заданном диапазоне частот с использованием определенного механизма распространения

Таблица 1.1

Номер диапа- зона	Диапазон длин волн		Диапазон частот	
	Наименование	Границы	Наименование	Границы
4	Мириаметровые или сверхдлинные волны (СДВ)	10...100 км	Очень низкие частоты (ОНЧ)	3...30 кГц
5	Километровые или длинные волны (ДВ)	1...10 км	Низкие частоты (НЧ)	30...300 кГц
6	Гектометровые или средние волны (СВ)	100...1000 м	Средние частоты (СЧ)	300...3000 кГц
7	Декаметровые или короткие волны (КВ)	10...100 м	Высокие частоты (ВЧ)	3...30 МГц
8	Метровые или ультракороткие волны (УКВ)	1...10 м	Очень высокие частоты (ОВЧ)	30...300 МГц
9	Дециметровые волны (ДМВ)	10...100 см	Ультравысокие частоты (УВЧ)	300...3000 МГц
10	Сантиметровые волны	1...10 мм	Сверхвысокие частоты (СВЧ)	3...30 ГГц
11	Миллиметровые волны	1...10 мм	Крайне высокие частоты (КВЧ)	30...300 ГГц
12	Децимиллиметровые волны	0,1...1 мм	Гипервысокие частоты (ГВЧ)	300...3000 ГГц

радиоволн. Вместе со средой (трактом) распространения радиоволн радиосистема связи образует *линейный тракт* или *ствол*, состоящий из оконечного оборудования ствола (ООС) и радиоствола [3].

ООС_{пер} — оконечное оборудование ствола передающего конца, где формируется *линейный сигнал*, состоящий из информационного группового сигнала и вспомогательных сигналов (сигналов служебной связи, сигналов контроля работоспособности оборудования РСП и др.), которыми модулируются высокочастотные колебания.

РСТ — радиоствол, назначением которого является передача модулированных радиосигналов на расстояния с помощью радиоволн. Радиоствол называется *простым*, если в его состав входят лишь две оконечные станции и один тракт распространения радиоволн, и *составным*, если помимо двух оконечных радиостанций он содержит

одну или несколько *ретрансляционных станций*, обеспечивающих прием, преобразование, усиление или регенерацию и повторную передачу радиосигналов. Необходимость использования составных радиостволов обусловлена рядом факторов, основными из которых являются протяженность радиолинии, ее пропускная способность и механизм распространения радиоволн.

ООС_{пр} — оконечное оборудование ствола приемного конца, где проводятся обратные преобразования: демодуляция высокочастотного радиосигнала, выделение группового (многоканального) сигнала и вспомогательных служебных сигналов.

Совокупность технических средств и среды распространения радиоволн, обеспечивающих передачу сигналов от источника к приемнику информации, называется *радиоканалом* (*каналом радиосвязи*). Радиоканал, обеспечивающий радиосвязь в одном *азимутальном* направлении, называется *радиолинией*.

В простейшем случае радиолиния обеспечивает *одностороннюю радиосвязь*, при которой передачу сообщений осуществляет одна из радиостанций, а другая или другие — только прием. Для организации *двусторонней радиосвязи*, при которой радиостанции осуществляют прием и передачу, в каждом пункте необходимо иметь и передатчик (Пер) и приемник (Пр). Если при этом передача и прием на каждой радиостанции осуществляются поочередно, то такая радиосвязь называется *симплексной* (рис. 1.1, а). Симплексная радиосвязь используется, как правило, при наличии относительно небольших информационных потоков. Такая радиосвязь может быть одночастотной (прием и передача на одной частоте) и двухчастотной (прием и передача на разных частотах).

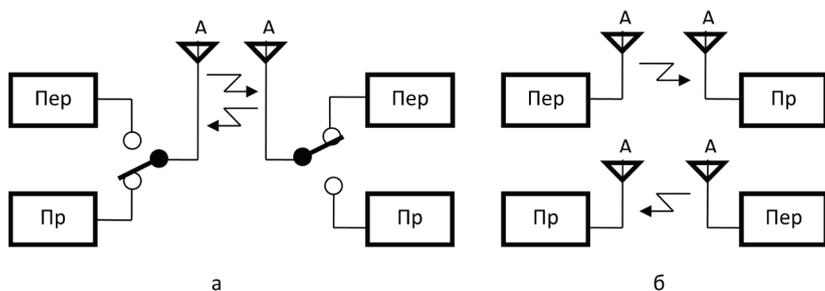


Рис. 1.1. Структурная схема организации радиосвязи:
а — симплексной; б — дуплексной

Двусторонняя радиосвязь, при которой связь между радиостанциями реализуется одновременно, называется *дуплексной* (рис. 1.1, б).

При дуплексной радиосвязи передача в одном и другом направлениях ведется обычно на разных несущих частотах. Это делается для того, чтобы радиоприемник принимал сигналы только от радиопередатчика противоположного пункта и не принимал сигналы собственного радиопередатчика.

1.2. Способы организации радиосетей

В настоящее время существует ряд различных систем радиосвязи, отличающихся как по способам организации радиосетей, так и по методам доступа абонентов к сетям — от простейших, между двумя абонентами, до систем связи специального назначения. Наиболее распространенными профессиональными системами связи являются [4, 5]:

- радиальные (конвенциональные);
- ретрансляторные (репиторные);
- транкинговые.

Радиальные системы радиосвязи состоят из центральной (главной) радиостанции и абонентских, стационарных, возимых (мобильных) или носимых (портативных) станций. Управление системой осуществляет оператор центральной станции, передавая или принимая сообщения абонентов сети. В этой схеме информация распространяется по радиусам, соединяющим центральную станцию и абонентов. Радиальные системы являются очень простыми и надёжными с точки зрения эксплуатации. Поэтому они широко распространены, особенно в силовых ведомствах. В радиальных сетях могут применяться разные типы радиостанций, необходимо лишь совместить их по виду модуляции и рабочим частотам.

Однако радиальным системам свойственны и ограничения, главное из которых — небольшая зона обслуживания. Расстояние между центральной станцией и самым дальним абонентом связи в диапазоне 100—450 МГц не превышает 50 км, даже при использовании достаточно высоких антенных мачт. В условиях крупных городов дальность еще меньше и обычно не превышает 30 км.

Способ построения таких систем подразумевает прямую связь между абонентами на одном заранее выбранном симплексном или

дуплексном канале. Чем ниже частота, тем сильнее проявляется дифракция сигнала (огибание препятствий и проникновение волны за границу оптического горизонта). При более высоких частотах воздействие увеличения высоты подвеса антенн ощутимее сказывается на дальности связи.

Кроме высоты установки антенн имеет значение их усиление, чувствительность приемника, мощность передатчика, потери в кабеле, уровень помех, опыт оператора и т.д. Все эти параметры стандартизированы, их влияние не очень заметно. Если в рассматриваемых системах требуется организовать связь между подвижными объектами, минуя оператора центральной радиостанции, это зачастую создает серьезные проблемы. В роли подвижных абонентов выступают сотрудники, оснащенные радиостанциями — носимыми и мобильными, установленными на различных видах транспорта. В этих случаях высота антенн обычно не превышает 1,5—3,0 м и, следовательно, действие таких радиостанций ограничено зоной в 10—20 км. Для устранения этих проблем и расширения зоны обслуживания используются ретрансляторные (репитерные) системы, т.е. системы, содержащие один или несколько ретрансляторов (повторителей, репитеров). Организация радиосети с использованием ретранслятора возможна при наличии двух частот (дуплексной пары).

Ретранслятор — это устройство, принимающее радиосигнал и передающее его в эфир. Подобная «перепередача» нужна для увеличения дальности связи. Для обеспечения заданного охвата проще всего установить ретранслятор на искусственном или естественном высотном сооружении (здание, мачта, холм). Для таких систем нужен полудуплекс (двухчастотный симплекс). Так как ретранслятор непрерывно передает принятые сигналы (дуплекс), он не может делать это на одной и той же частоте (сигналы передатчика будут тут же приниматься его же приемником). Поэтому дуплексный ретранслятор работает на разных частотах, номиналы которых должны отличаться на определенную величину (зависит от оборудования, системы и др.). Соответственно в абонентских радиостанциях должны использоваться те же частоты, но в «перевернутом» виде (приемная частота ретранслятора должна соответствовать передающей радиостанцией наоборот). Поскольку все абонентские радиостанции имеют одинаковые передающие и приемные частоты, прямая связь между ними невозможна.

Таким образом, ретранслятор непрерывно излучает принимаемый сигнал, при этом в абонентских радиостанциях режим прием/передача должен переключаться (в один момент времени либо говорю, либо слушаю). Чем выше чувствительность и мощность ретранслятора и чем выше установлены антенны, тем большую зону можно охватить устойчивой радиосвязью. Поэтому ретранслятор заведомо располагают на преобладающих высотах так, чтобы его антенна была в прямой видимости обеих радиостанций, между которыми требуется организовать связь. При этом сами станции могут находиться в зоне отсутствия прямой связи между ними.

В репитерных системах типы и мощности абонентских радиостанций не имеют решающего значения. К этим станциям предъявляются лишь требования работы на разнесенных частотах приема/передачи. Это требование связано с тем, что репитер должен работать в режиме полного дуплекса на соответственно разнесенных частотах, причем разница частот приема и передачи репитера должна быть такова, чтобы передатчик репитера не «глушил» собственный приемник. Это условие обычно выполняется с применением специальных фильтров, входящих в комплект аппаратуры репитера, а требуемый разнос частот составляет величину 0,6 МГц или больше (типичное значение 2—5 МГц) и называется *дуплексным интервалом*.

Кроме того, можно использовать две отдельные антенны для приема и передачи или одну антенну и дуплексный фильтр.

Ретранслятор является дуплексным устройством, то есть прием и передача осуществляются одновременно с некоторым разносом частот передатчика и приемника. Абонентские радиостанции работают при этом в режиме двухчастотного симплекса (полудуплекса).

Принцип такого двухчастотного ретранслятора основан на том, что его приемник, настроенный на частоту F1 абонентского передатчика, принимает сигнал, обрабатывает его и подает на микрофонный вход своего передатчика, излучающего частоту F2. На этой частоте работают приемники абонентских станций. При этом смена частот в них происходит автоматически после программирования рабочих каналов станций.

Помимо функции ретрансляции базовое оборудование репитера позволяет принимать и передавать сигналы идентификации, что обеспечивает вызов определенных абонентов или работу только

внутри определенной группы. При комплектации соответствующим контроллером ретранслятор может поддерживать различные режимы работы. Например: доступ к ретранслятору может быть ограничен, и ретрансляция сигнала произойдет только после декодирования кода доступа.

Достаточно популярными являются контроллеры с селективным вызовом и телефонным адаптером, обеспечивающим выход в телефонную сеть. Ретранслятор с таким контроллером представляет собой одноканальную базовую станцию.

Выбор типа радиосети определяется имеющимся частотным ресурсом, количеством пользователей и спецификой их работы [3, 4]. В традиционных системах радиосвязи за каждой группой закрепляется выделенный частотный канал. Такой способ организации радиосвязи достаточно эффективен в тех случаях, когда общее число абонентов системы невелико, а необходимая зона радиопокрытия ограничена. Основными достоинствами подобных систем радиосвязи являются простота и низкая стоимость. К недостаткам можно отнести неэффективное использование частотного спектра и небольшой набор сервисных функций. Такие радиосети чаще всего применяются для организации технологической или служебной радиосвязи.

Сегодня во всем мире эксплуатируются тысячи конвенциональных радиосистем. Системы данного типа были и остаются наиболее популярным типом систем наземной подвижной радиосвязи. У разных производителей конвенциональные системы могут быть самыми различными по конфигурации: от аналоговых, предназначенных только для передачи голоса на ограниченной территории, до общенациональных сетей с интеграцией голоса и передачи данных, с цифровой сигнализацией, разнесённым приёмом и синхронным вещанием.

Конвенциональные системы имеют и другие преимущества. Во-первых, они экономически более выгодны при обслуживании и не требуют постоянного контроля. Во-вторых, конвенциональные системы легко модернизируются. Многие пользователи начинают с простых систем, а затем переходят к более совершенным радиосистемам. Зона покрытия радиосвязи конвенциональной системы может быть расширена простым добавлением большего количества ретрансляторов.

Отличительной особенностью традиционной организации радиосетей ОВД является жёсткое закрепление частот за абонентами, исключаящее создание взаимных помех, и ведущая роль главной радиостанции, которая управляет работой радиосети. При занятости частотного канала одной парой абонентов другие вынуждены ожидать его освобождения, в связи с чем пропускная способность радиосетей является ограниченной. К недостаткам организации сетей можно также отнести возможность их полной блокировки, если основные и резервные частоты поражены помехой, неэффективное использование частотного ресурса, что является следствием неравномерной загрузки различных частотных каналов. Перечисленные недостатки организации сетей должны компенсироваться проведением организационно-технических мероприятий.

Под термином «транкинг» понимается метод равного доступа абонентов к выделенным каналам с автоматическим их распределением между абонентами [4].

Этот метод управления распределением каналов обеспечивает автоматическое выделение пользователю свободного канала, что сокращает время ожидания и обеспечивает большую пропускную способность системы связи при том же количестве радиоканалов.

Чтобы превратить репитерную систему связи в транкинговую, требуется оснастить ретранслятор добавочным устройством, называемым транкинговым контроллером. Это устройство управляет работой ретранслятора и организует прохождение вызовов согласно приведённому списку. Обычно к такому контроллеру можно подключить одну или две абонентские телефонные линии. В свою очередь, каждая абонентская радиостанция должна быть оборудована собственным контроллером, обычно называемым платой логики. Такая плата встраивается в абонентскую радиостанцию при поставке.

1.3. Особенности организации системы связи МВД России

В соответствии с Федеральным законом от 7 июля 2003 г. № 126-ФЗ «О связи» система связи МВД России является составной частью единой сети электросвязи Российской Федерации, имея статус сети связи специального назначения, создающейся для нужд государственного управления, обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка.

Система радиосвязи органов внутренних дел Российской Федерации является составной частью системы связи МВД России и также обладает статусом сети связи специального назначения. Система радиосвязи ОВД предназначена для обеспечения процессов управления мобильными силами органов внутренних дел Российской Федерации и стационарными подразделениями в случаях, когда организация иных каналов связи невозможна или экономически нецелесообразна, а также для создания резервных каналов связи.

Для построения системы цифро-аналоговой радиосвязи с передачей данных и голоса между абонентами по связанным зонам радиосети и диспетчеризации требуется наличие транспортной сети широкополосной передачи данных (ШПД), организованной по беспроводной, оптической или проводной технологии. Для организации внутрисистемных линий связи (межсайтовые соединения, удалённые объекты связи и прочее) в сетях УКВ-радиосвязи цифровых стандартов радиосвязи (APCO 25, DMR, IDAS) используются общепринятые, широко применяемые в органах внутренних дел интерфейсы (E1 G703, IP). Наиболее часто используются цифровые каналы, образованные с помощью волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) или радиорелейных линий (РРЛ), реже — медные линии связи. Как правило, это первичные каналы цифровой иерархии E1 пропускной способностью 2048 Кбит/с.

IP-соединение ретрансляторов также может применяться для увеличения географической зоны покрытия радиосвязью. Для подключения по IP также могут быть использованы ретрансляторы разных диапазонов, например, возможно подключить ретрансляторы диапазонов UHF и VHF.

Для подключения ретрансляторов может быть использована как локальная сеть LAN (Local Area Network — компьютерная сеть, покрывающая обычно относительно небольшую территорию), так и глобальная сеть WAN (Wide Area Network — компьютерная сеть, охватывающая большие территории и включающая в себя большое число компьютеров). На рис. 1.2 и 1.3 соответственно показаны примеры соединения ретрансляторов с использованием локальной и глобальной сети [6].

Требуемая полоса пропускания зависит от количества ретрансляторов в системе. Суммарная пропускная способность расчи-

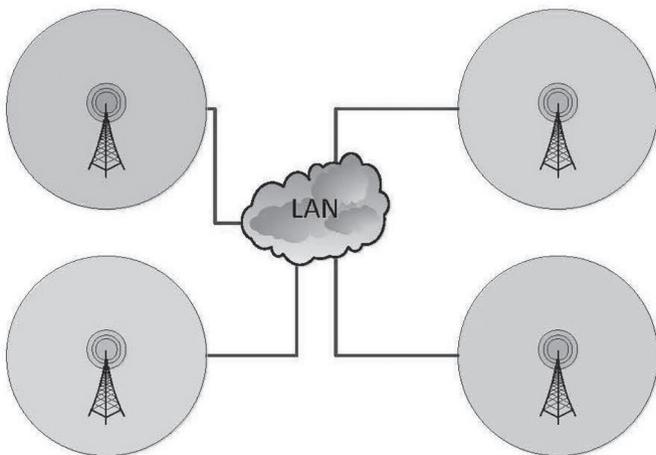


Рис. 1.2. Подключение ретрансляторов по локальной сети

тывается исходя из количества и радиоканальной ёмкости базовых станций и может составлять от 25 до 128 Кбит/с на один канал голосового трафика. Например, для систем цифровой радиосвязи стандарта DMR для одного ретранслятора требуется скорость канала 25 Кбит/с. Если общее количество ретрансляторов в системе N штук, требуемая скорость IP-канала определяется по выражению: $(N - 1) \cdot 25$ Кбит/с.

Преимуществом IP-соединения является возможность использования глобальной сети Интернет. При этом рекомендуется использовать роутеры или другие устройства, способные обеспечить функцию VPN (Virtual Private Network — виртуальная частная сеть — обобщённое название технологий, позволяющих обеспечить одно или несколько сетевых соединений (логическую сеть) поверх другой сети (например, Интернет).

Также может быть использован смешанный вариант подключения: несколько ретрансляторов находятся в одной локальной сети, другие подключены к глобальной сети (см. рис. 1.4).

IP-сети находят применение не только для соединения компонентов цифровых сетей радиосвязи, но и в перспективных аналоговых сетях. Например, основное назначение системы «Радиокупол» — модернизация существующих аналоговых систем радиосвязи без замены абонентского оборудования. Основное назначение системы:

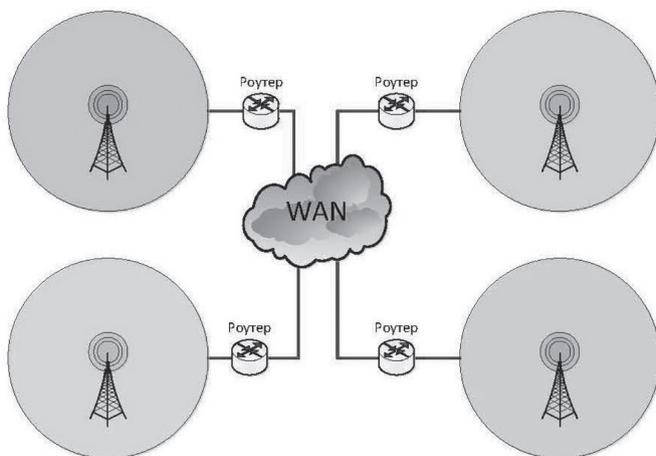


Рис. 1.3. Подключение ретрансляторов по глобальной сети

- «закрытие» зон с плохим приёмом с помощью установки станций удалённого доступа;
- улучшение качества радиосвязи в зонах перекрытия базовых станций (ретрансляторов и станций удалённого доступа).

«Радиокупол» представляет собой специализированную RoIP-систему, разворачиваемую на базе RoIP-шлюзов, подключаемых к имеющемуся телекоммуникационному оборудованию и обеспечивающих коммутацию и диспетчеризацию радиосвязи. Для объединения зон действия разных ретрансляторов в общую зону радиопокрытия и подключения станций удалённого доступа используется опорная IP-сеть с пропускной способностью от 128 Кбит (при сжатии возможно снижение до 20 Кбит за каждый канал).

В настоящее время в МВД России реализована Единая информационно-телекоммуникационная система органов внутренних дел (ЕИТКС ОВД), основанная на интегрированной транспортной среде органов внутренних дел и обеспечивающая взаимодействие с телекоммуникационной системой внутренних войск МВД России, телекоммуникационными системами органов государственной власти, включая правоохранительные органы, а также доступ сотрудников внутренних дел к услугам публичных и специальных федеральных информационно-телекоммуникационных систем и состоящих из автоматизированных банков данных общего пользования на базе

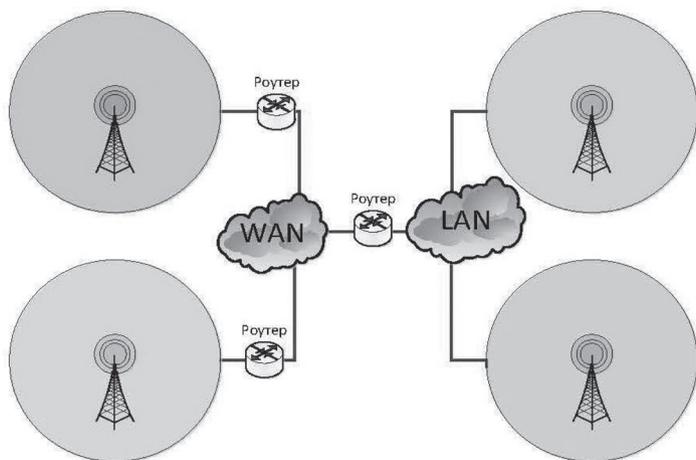


Рис. 1.4. Смешанный вариант подключения ретрансляторов

унифицированных программно-технических комплексов информационно-аналитических и экспертно-криминалистических центров органов внутренних дел.

Для обеспечения функционирования базовой инфраструктуры ведомственной системы радиосвязи, а также передачи речевого трафика и данных на мобильные объекты органов внутренних дел в перспективных сетях радиосвязи ОВД МВД России наиболее предпочтительным вариантом является использование существующих ресурсов ЕИТКС, которая предоставит:

- единую сквозную транспортную среду для сигналов управления и информационных сигналов (речь, данные) на базе стека протоколов TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol — Протокол управления передачей/Протокол Internet), в том числе по потоку E1;
- IP-каналы связи ИМТС (интегрированные мультисервисные телекоммуникационные системы) ОВД, построенные на базе Ethernet-сетей с использованием протоколов TCP/IP, для передачи абонентского трафика и служебной информации между базовыми станциями, АРМ диспетчера, администратора и центра управления и коммутации в любом цифровом режиме.

Интегрированная мультисервисная телекоммуникационная система (ИМТС) ОВД на уровне городских и районных центров субъ-

ектов Российской Федерации создаётся для обеспечения технической возможности подключения ОВД к ЕИТКС ОВД. ИМТС соединяются друг с другом и включаются в ЕИТКС по протоколу ТСР/ІР по собственным или арендованным каналам связи.

Для примера на рис. 1.5–1.6 соответственно показаны обобщённые варианты использования ЕИТКС МВД России для организации внутрисистемных линий связи в сетях радиосвязи цифрового стандарта DMR (кон-венциальная и транкинговая сети) [7].

Варианты реализации опорной транспортной сети ИМТС для каждой конкретной сети цифровой радиосвязи ОВД определяются на этапе предварительной проработки и проектирования с учётом конфигурации сети, требуемой пропускной способности каналов связи. Для обеспечения подключения коммутационного оборудования радиочастотных станций при необходимости следует предусмотреть необходимое количество портов с интерфейсом E1 G.703 или ІР-каналами.

Другим возможным вариантом для обеспечения функционирования базовой инфраструктуры ведомственной системы радиосвязи, а также передачи речевого трафика и данных на мобильные объекты органов внутренних дел в перспективных сетях радиосвязи ОВД МВД России является использование ресурсов единой системы электросвязи (ЕСЭ) Российской Федерации (аренда цифровых каналов связи E1 или ІР-каналов у операторов связи).

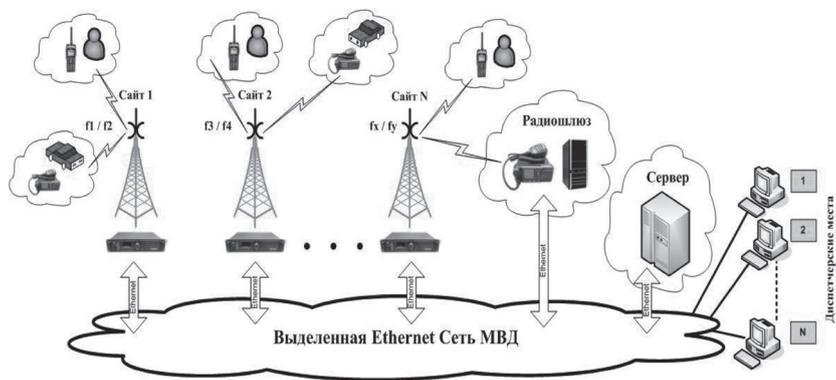


Рис. 1.5. Вариант использования ЕИТКС МВД России для организации внутрисистемных линий связи в сетях цифровой радиосвязи (стандарт DMR, конвенциональная связь)

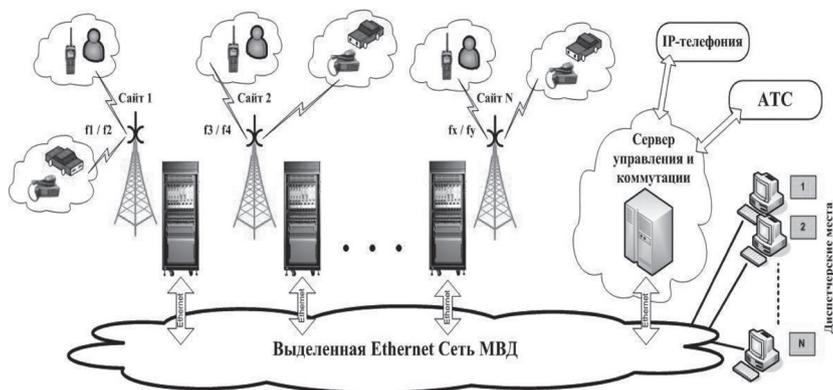


Рис. 1.6. Вариант использования ЕИТКС МВД России для организации внутрисистемных линий связи в сетях цифровой радиосвязи (стандарт DMR, транкинговая система)

В соответствии со ст. 16 Федерального закона № 126-ФЗ «О связи» подготовка и использование ресурсов единой сети электросвязи Российской Федерации для обеспечения функционирования сетей связи специального назначения осуществляются в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

1.4. Цифровые радиосистемы связи

В цифровых радиосистемах голос, до того как он будет передан через эфир, преобразуется в цифровой вид. В принимающей радиостанции цифровой сигнал преобразуется обратно в аналоговый, чтобы он был понятен человеку. Первое преимущество цифровых систем в том, что качество речи одинаково хорошо по всей зоне охвата (либо связь есть, либо ее нет, шумов и помех не существует). Цифровое кодирование позволяет передавать вместе с голосом дополнительные функции контроля и управления, что приводит к более эффективному использованию системы. Наконец, с применением современных методов сжатия голоса для его передачи требуется меньшая ширина канала.

В цифровых системах данные и голос могут быть интегрированы на одном канале, т.е. одна радиостанция может использоваться для передачи как голоса, так и данных. Так, используя микрофон и динамик радиостанции для переговоров с другим пользователем или ис-

пользуя ту же радиостанцию совместно с портативным компьютером для передачи данных, можно сделать радиосвязь более эффективной.

Большинство радиостанций, применяемых в сетях связи ОВД, сегодня используют каналы связи с шириной полосы частот 25 кГц. Чтобы повысить эффективность использования спектра, стремятся перейти к узкополосной технологии. Узкополосная (12,5 кГц) технология позволяет проводить радиосвязь, занимая половину широкополосного (25 кГц) канала. Для сохранения совместимости со старым парком радиостанций и использования новой технологии выпускаются радиостанции, которые могут работать на каналах с шириной как 12,5 кГц, так и 25 кГц. Причём в большинстве радиостанций ширина канала устанавливается при программировании.

При необходимости защиты конфиденциальных переговоров от прослушивания системы радиосвязи могут быть дополнены оборудованием для шифрования. Шифрование гарантирует, что только необходимые пользователи в системе могут прослушать данные переговоры. Оборудованием для шифрования могут быть дополнены и аналоговые, и цифровые системы.

1.5. Основные виды и стандарты систем радиосвязи, применяемые в органах внутренних дел

1.5.1. Система радиосвязи стандарта APCO-25

Стандарт APCO-25 использует технологию множественного доступа с частотным разделением (FDMA) и ориентирован прежде всего на системы узкополосной радиосвязи для организаций, обеспечивающих общественную безопасность. Требованием к таким системам часто является прямая связь между абонентами без применения какой-либо дополнительной инфраструктуры и снижения качества речевого сигнала. Стандарт APCO-25 предусматривает работу как в транкинговом, так и конвенциональном режимах. А его основа, технология FDMA, позволяет поддерживать обратную совместимость цифровых абонентских устройств с имеющимися у пользователей аналоговыми.

В течение многих лет во всех странах организации, на которые возложены обязанности по обеспечению общественной без-

опасности, испытывают нехватку в радиочастотных каналах связи. Недостаток радиочастотных каналов связи пытаются преодолеть, сужая ширину полосы канала с 25 до 12,5 кГц и ниже.

APCO-25 регламентирует работу цифровых систем радиосвязи любого размера (от базирующейся на одиночном ретрансляторе до транкинговой государственного масштаба). Он предусматривает полную совместимость портативного и мобильного оборудования, базовых станций и сетевых устройств радиосистем различных поставщиков, позволяет поддерживать связь между абонентами, принадлежащими к разным организациям.

Основные требования данного стандарта сводятся к необходимости обеспечения цифровой передачи голоса или данных со скоростью 9,6 Кбит/с по частотному каналу шириной 12,5 кГц (с возможностью перехода на канал шириной 6,25 кГц), а также поддержки режима шифрования без потери качества передачи голосового сигнала или сокращения зоны покрытия.

В настоящее время завершен первый этап создания APCO-25.

Второй этап разработки стандарта предполагает создание спецификаций интерфейсов для диспетчерских (консольных и стационарных) радиостанций, а также спецификаций для каналов связи с шириной полосы 6,25 кГц.

Стандарт APCO-25 является стандартом транкинговой и конвенциональной радиосвязи с частотным разделением каналов и частотным дуплексом (FDMA/FDD), который предназначен для служебной оперативной связи; с повышенной криптографической защитой информации [7]. Версия APCO-25, опубликованная в 1996 году, имеет статус условно-открытого стандарта (полностью доступен для членов ассоциации, в значительной степени открыт и для свободного ознакомления).

Технические характеристики и архитектура

Транкинговый режим работы поддерживается работой мобильных радиостанций в дуплексном режиме через базовую радиостанцию. Конвенциональный режим как опция поддерживается мобильными радиостанциями при непосредственной работе между собой в симплексном режиме и не требует применения базовой радиостанции.

Основные технические характеристики:

— диапазон рабочих частот: 138...174, 406...512, 746...856 МГц;

- вид модуляции: четырехуровневая частотная модуляция с непрерывной фазой C4FM или четырехуровневая фазовая модуляция $\pi/4$ DQPSK;
- речевое кодирование: кодек IMBE со скоростью кодирования речи 4400 Кбит/с;
- расстояние между каналами: 12.5 кГц при частотной модуляции и 6.25 кГц при фазовой модуляции;
- символьная скорость передачи данных 4800 бод/с; скорость помехоустойчивого кодирования речевой информации 7200 бит/с, максимальная скорость передачи данных в радиоканале после добавления служебной информации 9600 бит/с;
- передача речи и данных в режиме коммутации каналов или коммутации пакетов;
- поддержка адресации до 2 млн. индивидуальных абонентов и до 65 тыс. разговорных групп;
- время установления связи: не более 500 мс в транкинговом режиме, в конвенциональном режиме при прямой связи абонентов не более 250 мс, при связи через ретранслятор не более 350 мс.

Конфигурация сети связи стандарта APCO-25 построена на основе «функциональной группы» и «контрольной точки». Функциональная группа есть совокупность устройств и программ (базовые радиостанции, термины передачи данных, управляющие процессоры и т.д.), взаимодействие которых обеспечивает выполнение основных функций сети связи: прием, передачу, ретрансляцию речи и данных по радиоканалу между мобильными абонентами, а также взаимодействие со сторонними сетями и устройствами. Различные функциональные группы взаимодействуют между собой через контрольные точки. Основной функциональной группой в стандарте является радиоподсистема, которая определяется как инфраструктура (базовый блок построения транкинговой сети) на основе одной или нескольких базовых радиостанций, поддерживающая 5 основных интерфейсов стандарта APCO-25, а также интерфейс внешнего порта, как это показано на рис. 1.7.

Основными интерфейсами стандарта APCO-25 являются:

- общий радиointерфейс Um, поддерживающий соединение по радиоканалу базовых и мобильных радиостанций;
- интерфейсы операторских консолей (Ec);

- интерфейс данных Ed, поддерживающий прием и передачу цифровых данных от внешних устройств, в частности, по протоколам TCP/IP, X.25;
- интерфейс связи базовых станций (Ef);
- межсистемный интерфейс G, поддерживающий соединение с другими подсистемами стандарта APCO-25;
- телефонный интерфейс Et, поддерживающий соединение с аналоговыми телефонными сетями общего пользования или цифровыми сетями стандарта ISDN;
- интерфейс управления сетью En, поддерживающий управление сетью через консоль оператора.

Кроме пяти указанных основных интерфейсов радиоподсистема может включать:

- дополнительные внутренние интерфейсы консоли оператора, внешнего оборудования и т.д.
- внешние порты, которые поддерживают интерфейсы соединения с радиосетями других стандартов, интегрированными сетями связи и т.д.;
- базу данных пользователей и оборудования.

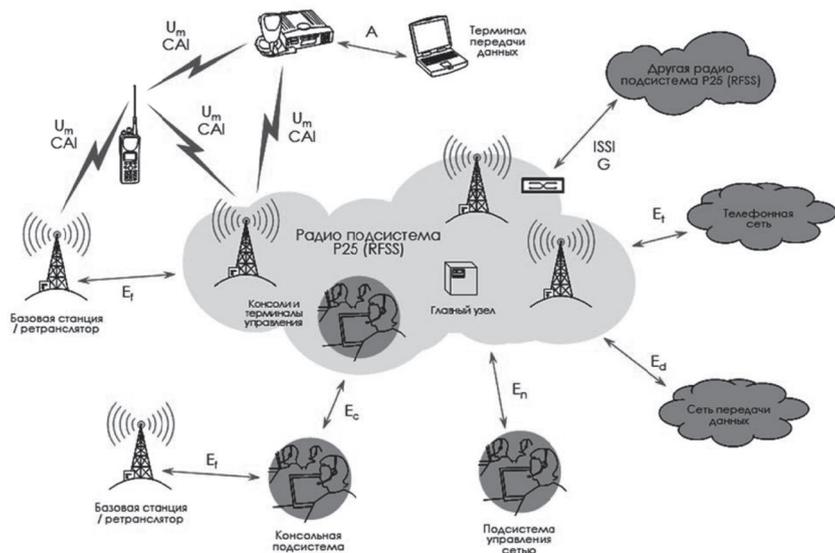


Рис. 1.7. Радиоподсистема стандарта APCO-25

Радиоинтерфейс

Радиоинтерфейс определяет протоколы и процедуры физического, канального и сетевого уровней, имеющих прямое отношение к взаимодействию радиостанций в эфире, и обеспечивает совместимость аппаратных и программных средств различных производителей.

Речевое кодирование в стандарте GPRS-25 осуществляется речевым кодеком по алгоритму улучшенного мультиполосного возбуждения IMBE — Improved MultiBand Excitation. Алгоритм IMBE использует представление стандартного отрезка речи длительностью 20 мс с помощью относительно большого количества параметров: частоты и амплитуды основного тона, гармоник основного тона и признака вокализации; всего 88 бит. Помехоустойчивому кодированию кодами Голея и Рида-Соломона в максимальной степени подвергается наиболее важная информация, наименее важная вообще не кодируется. Помехоустойчивое кодирование добавляет к 88 информационным битам 56 проверочных бит, так что полный размер элементарного речевого кадра равен 144 битам.

Структура речевого сообщения. Речевое сообщение в стандарте GPRS-25 передается асинхронно в виде последовательности логических блоков данных неопределенного количества, заключенных между преамбулой и маркером окончания сообщения (рис. 1.8). Преамбула предназначена для начальной синхронизации приемника и передатчика, а также включает в себя основные системные параметры: вектор инициализации одного из четырех алгоритмов шифрации, идентификатор ключа шифрования, идентификатор производителя оборудования, идентификатор сети.

Речевая информация передается в суперкадрах, состоящих из двух кадров. Каждый речевой кадр в суперкадре включает одина-

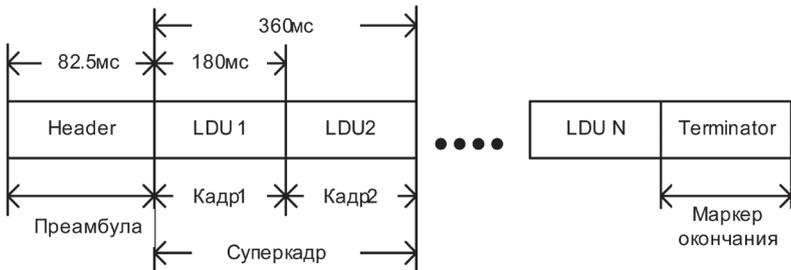


Рис. 1.8. Структура речевого сообщения GPRS-25

ковое количество полезной и служебной информации, но содержание служебной информации в кадрах различное. Индивидуальный номер абонента и параметры шифрования передаются не только в преамбуле, но и в каждом блоке логических данных как служебная информация управления каналом связи. Передача индивидуального номера адресата в каждом сообщении позволяет быстрее восстановить связь в случае ее кратковременной утраты, а возможность оперативного изменения ключей шифрования обеспечивает высокую криптозащиту передаваемой информации.

Структура пакетов данных. Стандарт APCO-25 предусматривает, наряду с передачей речевой информации, передачу цифровых данных неопределенной длины с подтверждением или без подтверждения приема; структура передачи данных показана на рис. 1.9.

Данные в цифровой форме разбиваются на фрагменты длиной не более 512 байт, количество фрагментов не ограничено. Каждый фрагмент преобразуется в пакет, состоящий из блоков фиксированной длины. При передаче с подтверждением приема в блок записывается 16 байт информации, без подтверждения приема длина блока сокращается до 12 байт. Каждый блок подвергается решетчатому кодированию. Каждый пакет предваряется заголовком, последний блок в пакете имеет специальную структуру.

При передаче данных с подтверждением приема каждый отдельный блок в пакете содержит номер блока данных, код контроля четности и кодированные данные. Принятый пакет декодируется и проверяется на достоверность принятой информации. При обнаружении ошибки в приеме формируется запрос ARQ на автоматическую повторную передачу. Запрос может содержать только преамбулу, которая содержит коды ошибки принятого пакета: все блоки

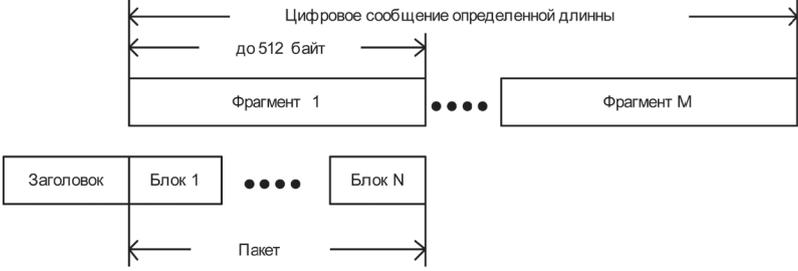


Рис. 1.9. Структура пакетного сообщения

приняты неправильно, недопустимый формат, нарушена последовательность фрагментов и т.п. Отправитель пакета, обнаружив требование на повторную передачу, вновь отправляет требуемый пакет в пределах текущего сообщения, снабдив его служебной пометкой «повторный».

Криптозащита передаваемых сообщений в стандарте АРСО-25 предусматривает механизмы противодействия прослушиванию сообщения, перехвату сообщения и его повтору с искаженной информацией, созданию преднамеренной помехи, анализу трафика абонента, созданию дубликатов пользователей, несанкционированному использованию сети связи под видом легального пользователя. Реализация механизмов криптозащиты основана на конфиденциальности связи, аутентификации абонентов и оборудования, системе оперативного управления ключами шифрования.

Конфиденциальность связи достигается шифрованием передаваемой речи и данных. На передающей стороне открытый текст поступает на шифратор, вместе с зашифрованным сообщением абоненту передается код шифрации и синхрослово, необходимое для инициализации и синхронизации работы шифратора и дешифратора.

Аутентификация заключается в удостоверении подлинности сообщения, абонентов и оборудования. Аутентификация подлинности абонентов и оборудования производится обычным порядком — путем сверки переданных кодов абонента и оборудования с данными, хранящимися в базе данных сети связи. Аутентификация подлинности сообщения заключается в контроле хронологического порядка сообщения, целостности сообщения и источника сообщений. Контроль хронологического порядка сообщения осуществляется путем передачи номеров пакетов, которые шифруются вместе с сообщением. Контроль целостности сообщения обеспечивается путем добавления к сообщению специального кода, который генерируется из текста сообщения с помощью одного из видов шифрования и передается параллельно с основным сообщением. Любое изменение текста приводит к искажению кодового слова, восстановленного из искаженного текста, по сравнению с первоначальным. Контроль источника сообщений обеспечивается с помощью индивидуального ключа, зависящего от электронного номера абонента.

1.5.2. Система радиосвязи стандарта DMR

1.5.2.1. Описание стандарта DMR

DMR (Digital Mobile Radio) — открытый цифровой стандарт, разработанный Европейским институтом телекоммуникаций (ETSI) [9].

В 2005 году Меморандум о взаимопонимании сформировал круг заинтересованных в новом стандарте производителей, объединившихся в 2009 году в ассоциацию, обеспечивающую взаимодействие и обмен разработками. DMR ориентирован на профессиональные системы радиосвязи небольшого и среднего размера, с возможностью перехода от аналоговых систем к цифровым.

Стандарт DMR разработан как единый общеевропейский стандарт конвенциональной цифровой радиосвязи [9, 10]. Стандарт предназначен для пользователей нижнего и среднего звена. Стандарт DMR призван заменить аналоговые конвенциональные стандарты типа Smart Trunk, обеспечивая повышенное качество речи, лучшую защиту от прослушивания, дуплексный режим работы в режиме временного разделения каналов, простое построение сети в режиме двухчастотного симплекса. Стандарт DMR можно определить также как значительно упрощенный вариант стандарта TETRA. Соответственно, аппаратура стандарта DMR, в отличие от аппаратуры стандарта высокого уровня TETRA, значительно более простая и дешевая в установке и эксплуатации.

В основе стандарта DMR лежат механизмы TDMA [8, 9] (Time Division Multiple Access) — многостанционный доступ с временным разделением каналов, что позволяет разместить два временных интервала (независимых логических канала) на одной частотной несущей с сеткой частот 12,5 кГц и получить канал с условной шириной 6,25 кГц. Тип модуляции — четырехуровневая частотная манипуляция (4FSK). На рис. 1.10 изображена структура канала связи стандарта DMR.

Оборудование стандарта DMR работает не только в диапазонах 136—174 МГц и 403—470 МГц, но и во всем спектре частот от 50 МГц до 999 МГц. Причем дуплексный разнос для решений с применением точки ретрансляции допускается любым, в том числе классические 4,6 МГц для диапазона 160 МГц и 45 МГц для диапазона 900 МГц. Дуплексный разнос определяется 15-битной сигнальной последовательностью в структуре цифрового кода стандарта DMR.

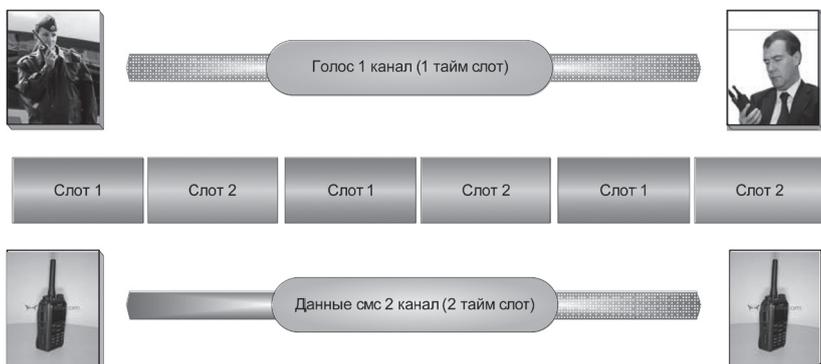


Рис. 1.10. Структура передачи голоса и данных на одной частоте стандарта DMR

Характеристики радиоканала.

Длительность временного интервала, организующего один логический канал, составляет 30 мс. Из них 27,5 мс отведены под полезную нагрузку, составляющую 216 бит и 48 сигнальных бит. 216 бит полезной нагрузки позволяет передавать 60 мс сжатой речи. Защитный межинтервальный разнос — 2,5 мс. Канальная скорость передачи данных составит около 2 Кбит/с. Структура тайм-слота радиочастотного канала представлена на рис. 1.11.

Возможны два режима радиосвязи [8]:

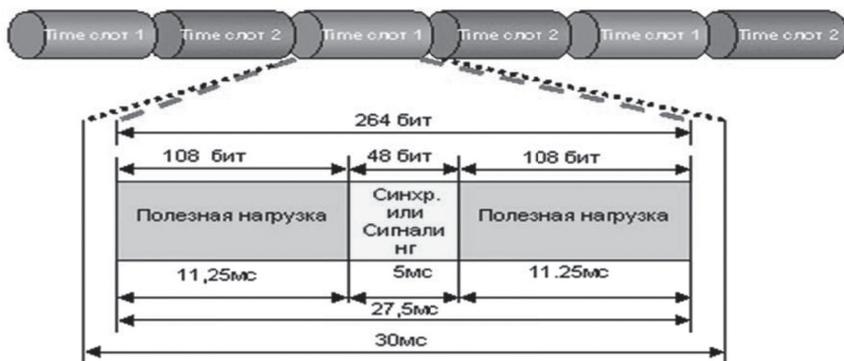


Рис. 1.11. Структура тайм-слота радиочастотного канала

1. Режим прямой связи (Direct mode) на одной частоте (симплекс). В настоящий момент в данном режиме используется только один тайм-слот и соответственно предоставляется только один канал связи.
2. Режим связи через ретранслятор (Repeater mode) с дуплексным разносом (полудуплекс). В этом режиме обеспечиваются два одновременных независимых канала связи.
Таким образом, преимущество временного разделения проявляется только при наличии ретранслятора.

1.5.2.2. Основные и функциональные возможности стандарта DMR

Стандарт DMR постоянно совершенствуется, набор функций периодически обновляется. К основным функциональным возможностям цифрового стандарта DMR следует отнести:

- цифровую обработку сигнала;
- управление аккумуляторной батареей;
- минимальное время установления вызова (до 200 мс);
- приоритетный аварийный вызов;
- улучшенный режим «свободные руки»;
- встроенный приемник GPS сигналов для реализации приложений по контролю местоположения;
- удаленный контроль оборудования;
- дистанционное отключение радиостанции;
- опциональное шифрование;
- передача идентификатора радиостанции (PTT ID);
- одновременная передача голоса и данных (в том числе пакетных);
- работа в аналоговом режиме;
- индивидуальный вызов «радиостанция — радиостанция»;
- групповой вызов «радиостанции — группа радиостанций»;
- групповой вызов «радиостанция — все радиостанции» (общесистемный).

Можно сделать вывод, что применение стандарта DMR позволит получить следующие преимущества:

- временное разделение канала на два тайм-слота ведет к двойной экономии частотного ресурса и заряда аккумуляторов;
- двойная экономия средств, так как вдвое сокращается и количество ретрансляторов и соединительного оборудования;

- улучшенное качество связи и разборчивость речи, передовые технологии обработки голоса, подавления помех;
- увеличенная пропускная способность системы профессиональной радиосвязи;
- реализация передачи пакетных данных (пропускная способность канала до 2 Кбит/с), передачи телеметрии, передачи текстовых сообщений;
- контроль местоположения абонентов;
- совместимость с существующими аналоговыми системами связи.

1.5.2.3. Основные элементы, топология построения и принцип работы сети стандарта DMR

Стандарт DMR подразделяется на несколько уровней [8, 9]:

DMR Tier I — безлицензионные решения в диапазоне 446 МГц, полоса 12,5 кГц, доступ FDMA. Мощность устройств в пределах 0,5 Вт, без наружных антенн, без ретрансляторов.

В ОВД используют следующие структурные уровни: DMR Tier II и III. Структурная схема сети DMR Tier II представлена на рис. 1.12.

DMR Tier II — для профессиональных портативных, автомобильных радио и ретрансляторов в лицензируемых частотных диапазонах VHF, UHF. Используется полоса 12,5 кГц, доступ — TDMA (Time Division Multiple Access — многостанционный доступ с временным разделением каналов).

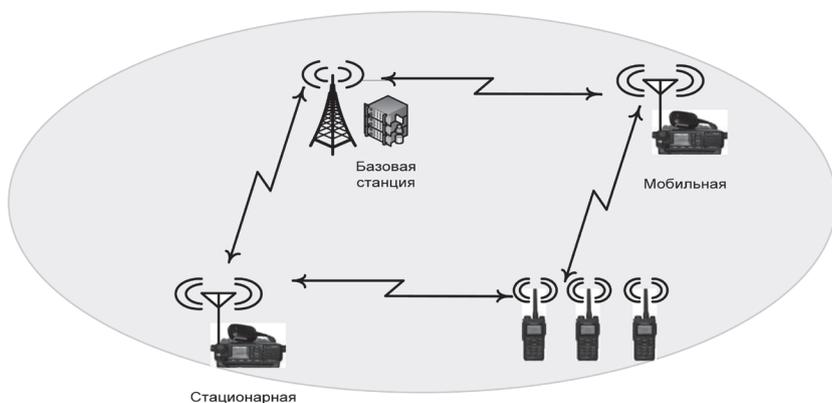


Рис. 1.12. Структура тайм-слота радиочастотного канала

DMR Tier III — профессиональные системы цифровой транкинговой радиосвязи, работающие в лицензируемых полосах частот PMR. Стандарт DMR Tier III использует два слота TDMA в одном радиоканале 12,5 кГц. Поддерживаются голосовые вызовы и короткие текстовые сообщения, а также услуги пакетной передачи данных в различных форматах, включая поддержку IP-протоколов. Структурная схема сети DMR Tier III представлена на рис. 1.13.

Объединение ретрансляторов по технологии DMR Tier III позволяет построить единую сеть, изображённую на рис. 1.13, это дает возможность либо расширить зону покрытия, либо существенно улучшить качество связи на той же территории при большом разnose пользователей по высоте или при высокой плотной застройке.

Система поддерживает конфигурации WAN и LAN. Использование стандартной сетки частот значительно упрощает построение сети цифровой радиосвязи. Теперь появилась возможность

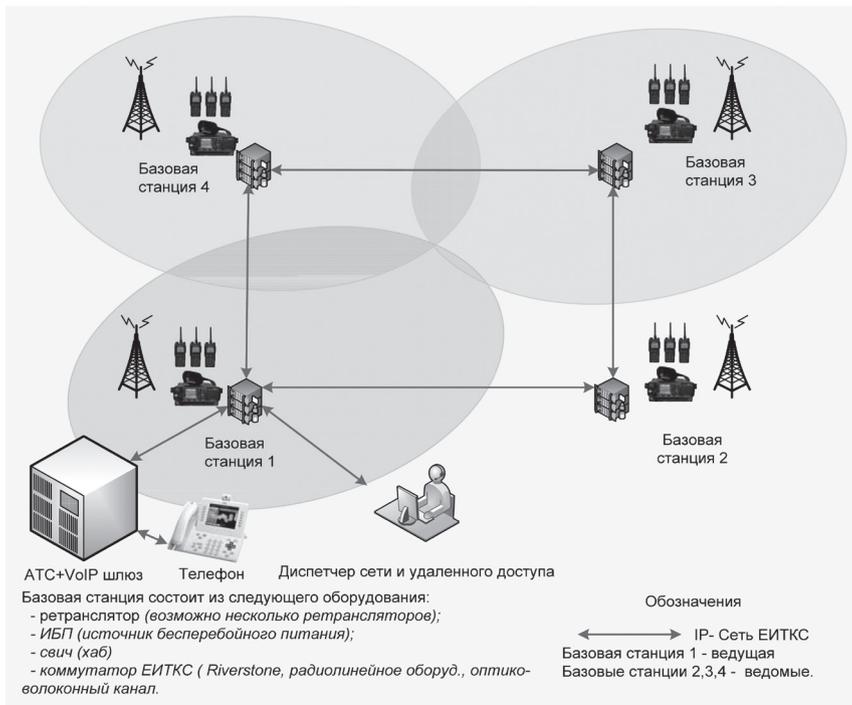


Рис. 1.13. Структурная схема DMR Tier III

интеграции радиосетей в единое информационное пространство (ведомственная сеть ЕИТКС, арендованные каналы местной связи, IP-телефония, интернет и т.д.).

1.5.2.4. Технические характеристики и архитектура конвенциональной сети связи DMR

Стандарт DMR, как и стандарт TETRA, является открытым стандартом, полное техническое описание которого доступно всем производителям и пользователям.

Основные характеристики. Стандарт DMR поддерживает три основные конфигурации сети связи: основной конвенциональный режим, конвенциональный режим работы через дуплексный ретранслятор и транкинговый режим работы через базовую станцию.

Аппаратура стандарта удовлетворяет основным документам, регламентирующим электромагнитную совместимость радиосредств наземной подвижной радиосвязи для радиостанций с внешней антенной ETS-300-113 и радиостанций со встроенной антенной ETS-300-390. Стандарт DMR определяет следующие основные параметры радиоканала:

- ширина канала 12,5 кГц;
- символьная скорость передачи информации $D = 4800$ бод;
- битовая скорость передачи информации $R = 9600$ Кбит/с;
- модуляция — частотная, четырехуровневая;
- метод доступа к каналам — CSMA;
- метод разделения каналов — временной, два слота в фрейме (рис. 1.14). Пропускная способность репитера удваивается;
- индекс модуляции $h = 0,27$;
- максимальная величина девиации $\omega_d = 3hR/4$;
- ограничение спектра сигнала фильтром корень квадратный из фильтра Найквиста «приподнятый косинус» со следующими параметрами:
 - $|F(f)| = 1$ для $|f| < 1920$ Гц,
 - $|F(f)| = \cos(\pi f/1920)$ для 1920 Гц $< |f| < 2880$ Гц,
 - $|F(f)| = 0$ для $|f| > 2880$ Гц;
- соответствие информационных бит, символов и смещения частоты согласно табл. 1.2.

С целью предотвращения межслотовой интерференции в каждый нормальный пакет заложен допуск в 1 мс для компенсации

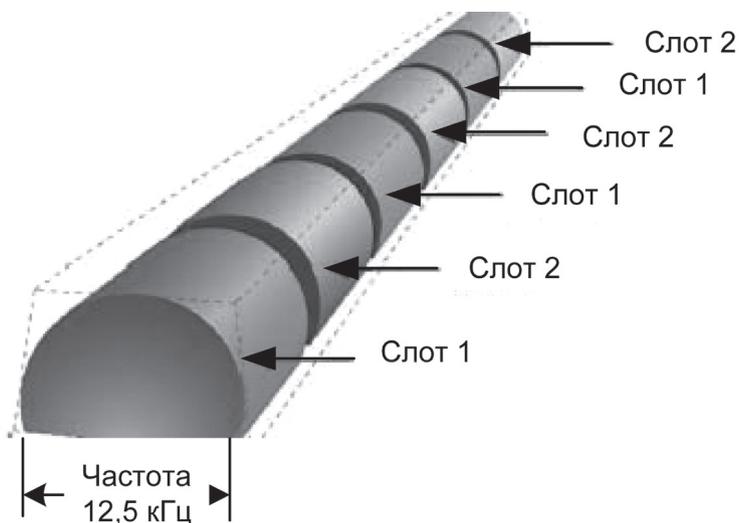


Рис. 1.14. Двухслотовый протокол TDMA 12,5 кГц

Таблица 1.2

Параметры модуляции

Информация		Символ	Смещение частоты, Гц
Бит 1	Бит 0		
0	1	+3	1944
0	0	+1	648
1	0	-1	-648
1	1	-3	-1944

времени распространения сигнала между радиостанциями. Такая величина компенсируемой задержки теоретически обеспечивает связь на расстоянии до 150 км, что вполне достаточно при любой высоте подъема антенны. Практически нестабильность временной синхронизации и несущей частоты уменьшают указанную величину почти в два раза.

Структура временного разделения каналов. Информация логических каналов в определенной последовательности размещается в пакетах; пакеты передаются в выделенные фрагменты времени (слоты). Временная диаграмма передачи пакетов показана на рис. 1.15.

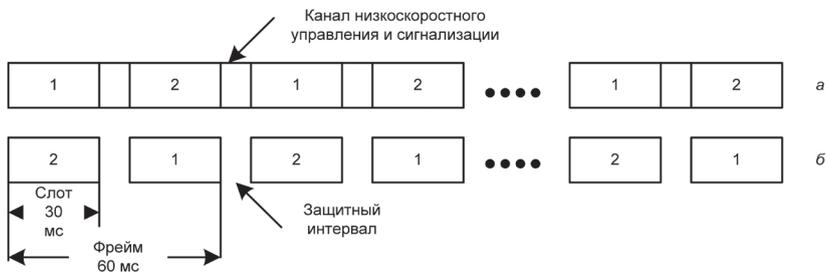


Рис. 1.15. Временная диаграмма работы:

- а — нисходящий канал от базовой станции к мобильной;
 б — восходящий канал от мобильной станции к базовой

Длительность одного временного слота 30 мс, длительность фрейма 60 мс, слоты разделены временным защитным интервалом. Передача по нисходящему каналу от базовой станции к мобильной ведется непрерывно даже в отсутствие пользовательской информации. Структура таймслота в стандарте DMR приведена на рис. 1.16. Длительность одного таймслота 30 мс. Из них 2,5 мс длится переключение. Длина пакета 264 бита, из них 216 бит информации и 48 бит информации о сигналинге или синхронизации.

Базовая радиостанция передает служебную информацию внутри пакета (например, синхронизирующую последовательность) и низкоскоростную сигнальную информацию в защитных интервалах между пакетами. Передача по восходящему каналу от мобильной радиостанции к базовой ведется только при наличии пользовательской информации, защитные интервалы используются для выхода усилителя мощности мобильной радиостанции на номинальную мощность. Пакеты в нисходящем и восходящем каналах сдвинуты от-

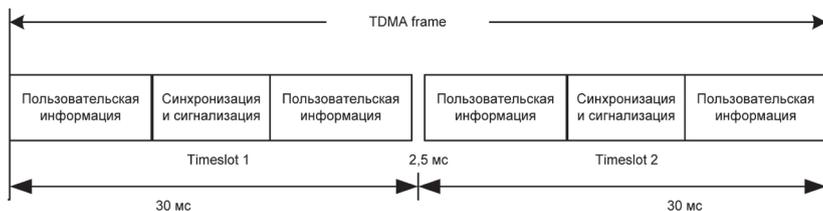


Рис. 1.16. Структура таймслота в стандарте DMR

носителем друг друга на 30 мс (длительность одного пакета) с тем, чтобы обеспечить оперативное реагирование на принятую информацию. Передача речи производится в 6 последовательных суперфреймах, передача данных не использует суперфреймовую структуру.

Пакет размещается во временном слоте длительностью 30 мс, защитные интервалы по краям пакета составляют 1,25 мс. При передаче речи используется пользовательская информация из логического канала трафика, которая формируется вокодером. Вокодер преобразует 20 мс речи в кадр, содержащий 72 бита. Каждый пакет содержит три информационных кадра речи и сопровождающую служебную информацию, т.е. всего 60 мс звучания передаются в течение длительности пакета 30 мс. При передаче данных слот модифицируется до двух 98-битовых полей информации с дополнительным 20-битовым полем для определения типа данных.

Синхронизация. Для восстановления переданной информации необходима кадровая и временная синхронизации.

Кадровая синхронизация обеспечивается специальной синхронизирующей последовательностью 48 бит, которая указывает на расположение центра пакета в слоте. Синхронизирующая последовательность также указывает на тип информации, содержащейся в пакете: нисходящая речевая информация, нисходящие данные, восходящая речевая информация, восходящие данные, мобильная радиостанция в автономном режиме (ожидание).

Временная синхронизация всегда осуществляется мобильной радиостанцией по нисходящему каналу от базовой радиостанции. При утрате синхронизации мобильная радиостанция посылает запрос на базовую радиостанцию для возобновления передачи синхронизирующих пакетов. Аналогично реализуется временная синхронизация в конвенциональном режиме, когда передающая мобильная радиостанция является источником синхронизирующих сигналов. При окончании передачи каждая мобильная станция переходит в автономный режим собственной временной синхронизации и готова к асинхронной передаче данных или установлению новой синхронизации при приеме данных.

Типы каналов. Логический общий канал сообщений (CACH) располагается в нисходящем канале от базовой радиостанции к мобильной радиостанции и передается в специальном пакете между

двумя слотами в защитном интервале. Канал SACN предназначен для управления доступом и низкоскоростной сигнализации. В частности, это может быть указатель состояния восходящего канала: мобильная радиостанция может начать передачу только в том случае, когда по логическому каналу SACN принят флаг «свободно для передачи». Информация передается в канале SACN с опережением на один слот (30 мс) по отношению к определяемому стандартному пакету. Пакеты канала SACN передаются непрерывно, при отсутствии сигнальной информации в канале SACN передаются нулевые сообщения.

Логический канал нисходящего трафика передается в нормальных пакетах и всегда занимает полный фрейм (оба временных слота). Пакеты нисходящего канала трафика передаются непрерывно, при отсутствии передаваемой информации передаются пустые пакеты, также расположенные в каждом слоте.

Логический канал восходящего трафика передается в нормальных пакетах. Пакеты могут располагаться в каждом временном слоте (аналогично нисходящему каналу), через один слот (второй пустой) или чередоваться со специальными короткими пакетами состояния ожидания мобильной радиостанции.

Логический двунаправленный канал трафика используется в конвенциональном режиме непосредственной связи двух мобильных радиостанций (Direct Mode). В режиме временного дуплекса поочередно передаются пакеты прямого и обратного каналов, занимая тем самым все временные слоты. В симплексном режиме для передачи пакетов используется только половина временных слотов; возможна передача в пустых слотах коротких сообщений состояния ожидания мобильной радиостанции.

Стандарт DMR сочетает в себе преимущества цифровых систем TETRA, APCO-25 и в то же время характеризуется меньшей стоимостью оборудования. Цифровые системы радиосвязи стандарта DMR локально развёрнуты в интересах органов внутренних дел ряда регионов России. Как правило, системы этого стандарта развёртываются в городах с населением до пятисот тысяч человек.

Достоинства:

— возможность плавного перехода к цифровой связи на частотах, которые ранее использовались для аналоговой связи в рамках имеющегося у МВД России частотного ресурса. При этом ёмкость

системы за счет применения TDMA увеличивается вдвое и экономится частотный ресурс;

- возможность применения встроенных в носимые и возимые радио-станции приемников ГЛОНАСС/GPS, при этом стоимость станции увеличивается незначительно, но отпадает необходимость в использовании дополнительного устройства — ГЛОНАСС-трекера;
- возможность построения систем различного масштаба, от простых конвенциональных до многозонавых транкинговых.

Существуют и активно развиваются другие цифровые технологии — так называемая digital PMR (dPMR), разработанная Европейским институтом стандартов и IDAS NXDN компании ICOM, Япония. Технологии схожи, используется частотное разделение каналов, один канал в полосе 6,25 кГц. Данные системы также позволяют обеспечить постепенный переход от аналоговой к цифровой радиосвязи и, как правило, применяются в относительно небольших сетях, в которых есть ограничение по частотному ресурсу. Распределение регионов по используемым стандартам и комплексам цифровой радиосвязи показано на рис. 1.18.

Соотношение числа цифровых сетей в структуре ОВД МВД России

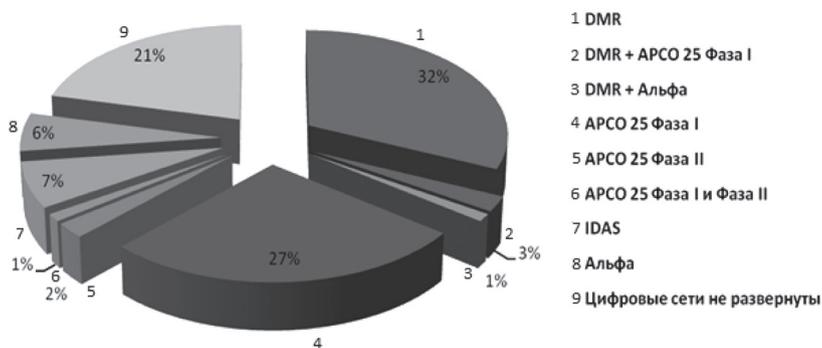


Рис. 1.18. Распределение регионов по используемым стандартам и комплексам цифровой радиосвязи

1.6. Типовые схемы организации радиосвязи для территориальных органов МВД России на базе оборудования DMR

Как правило, системы этого стандарта развертываются в городах с населением до пятисот тысяч человек, хотя есть примеры использования в центрах субъектов федерации с населением до миллиона. Основная часть построенных систем — конвенциональные. Начиная с 2013 года вновь развёртываемые системы изначально строятся как транковые. Для существующих систем в столицах центров субъектов Российской Федерации по мере необходимости также планируется добавление функции транкинга для имеющихся конвенциональных сетей DMR.

Таким образом, можно выделить две типовые схемы организации связи на базе оборудования DMR — конвенциальная или транковая сеть, для которых на практике подтверждена возможность и эффективность использования данных режимов.

На рис. 1.19 представлена типовая схема организации радиосвязи для территориальных органов МВД России на базе оборудования DMR (конвенциональный режим). Применение данной схемы оправданно для городов с численностью населения до 300 тыс. человек с небольшим количеством подразделений органов внутренних дел.

На рис. 1.20 представлена типовая схема организации радиосвязи для территориальных органов МВД России на базе оборудования DMR Tier III (транк).

На схеме показаны 6-канальные базовые станции, в общем случае число каналов может быть от 4 до 8.

Применение данной схемы наиболее целесообразно для городов с численностью населения свыше 300 тыс. человек со значительным количеством подразделений органов внутренних дел.

Выводы:

Рекомендуются следующие типовые схемы построения радиосетей органов внутренних дел с использованием оборудования DMR:

а) количество ретрансляторов, места их размещения должны обеспечивать стопроцентное покрытие территории городов в расчёте на пользователя с носимой радиостанцией и стопроцентное покрытие остальной территории региона в расчёте на пользователя

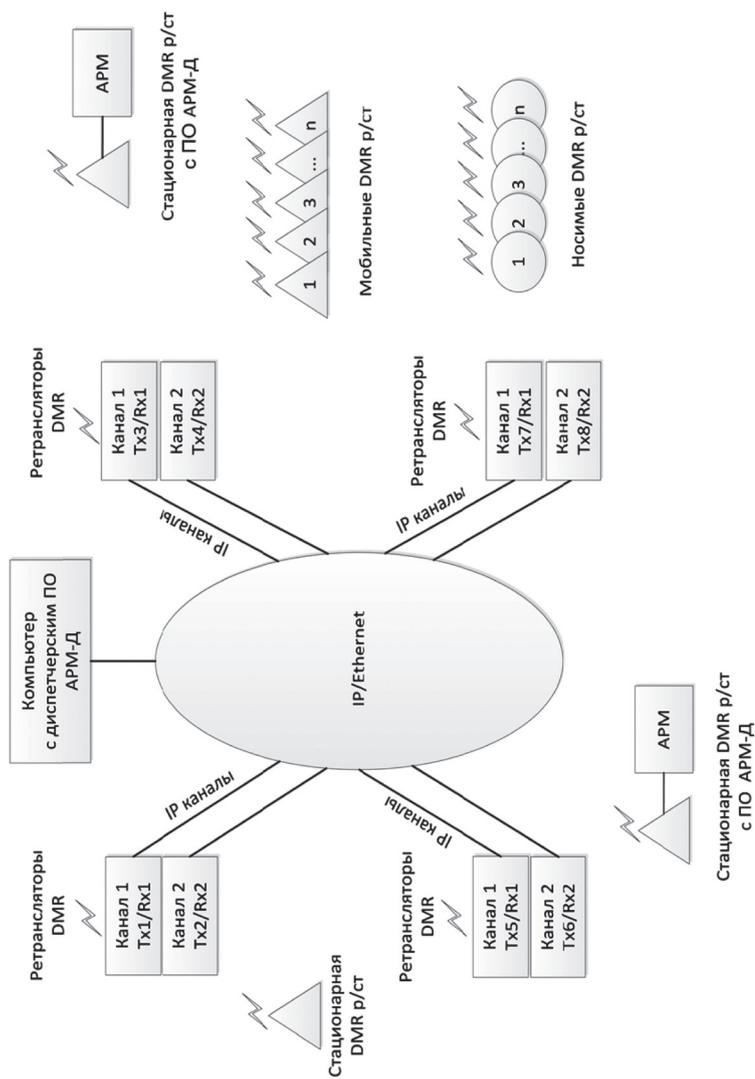


Рис. 1.19. Типовая схема организации радиосвязи для территориальных органов МВД России на базе оборудования DMR (конвенционный режим)

с возимой радиостанцией (за исключением территорий с очень низкой плотностью населения);

б) субъекты РФ, в которых нет городов с населением свыше 300 тыс. человек:

— вся территория субъекта РФ или ее часть, где проживает большая часть населения и в которой есть необходимость организации связи — конвенциональная сеть диапазона ОВЧ 148—174 МГц, в том числе несколько ретрансляторов в региональном центре по числу независимых радиосетей.

Типовая схема радиосвязи в конвенциональном режиме реализуется с помощью следующего основного оборудования сети:

- автоматизированное рабочее место администратора сети с предустановленным программным обеспечением;
- двухканальные ретрансляторы DMR (два независимых канала связи на каждой дуплексной частоте). Число ретрансляторов определяется необходимостью организации независимых сетей;
- стационарные DMR-радиостанции;
- возимые и носимые DMR-радиостанции.

Все ретрансляторы соединены с АРМ диспетчера и между собой линиями связи. В качестве основных используется IP-соединение. Неосновным вариантом является использование соединений по линиям E1. Подсоединение осуществляется к ЛВС, ИМТС МВД республик, УМВД России по областям (краям) и каналы ЕИТКС через интерфейсы IP или E1 G703;

в) субъекты РФ, в которых есть города с населением от 300 тыс. до 1 млн человек:

1) города с населением свыше 300 тыс. человек — транковая сеть диапазона УВЧ 450—470 МГц с независимыми цифровыми транкинговыми группами.

Типовая схема радиосвязи в транковом режиме реализуется с помощью следующего основного оборудования сети:

- многоканальные базовые станции (число каналов от 4 до 8). В состав каждой базовой станции входят приемопередатчики (два независимых канала связи на каждой дуплексной частоте), контроллер (коммутатор) и комплект ПО. При этом в городе развертывается, как правило, 3—6 сайтов;
- транкинговый коммутатор (Mobile Switch Office — MSO) с комплектом ПО;

- автоматизированное рабочее место администратора сети с предустановленным программным обеспечением;
- система записи голосовых сообщений с комплектом ПО;
- стационарные DMR-радиостанции с предустановленным программным обеспечением АРМ-Д;
- возимые и носимые DMR-радиостанции.

Все ретрансляторы соединены с АРМ диспетчера и между собой линиями связи. В качестве основных используется IP-соединение. Неосновным вариантом является использование соединений по линиям E1. Подсоединение осуществляется к ЛВС, ИМТС МВД республик, УМВД России по областям (краям) и каналам ЕИТКС через интерфейсы IP или E1 G703;

2) вся территория субъекта РФ или ее часть, где проживает большая часть населения и в которой есть необходимость организации связи, — конвенциональная сеть диапазона ОВЧ 148—174 МГц;

г) все описанные выше варианты являются рекомендованными. В каждом конкретном регионе задача построения цифровой сети носит индивидуальный характер и зависит от множества факторов: потребности в организации радиосетей, количестве абонентов, наличии частотного ресурса, физико-географических особенностей региона и пр.

1.7. Радиосвязь с использованием RoIP-шлюзов

Системы связи RoIP — это новый сегмент радиосвязи, разрабатываемый в России. RoIP является универсальной коммуникационной системой, которая преобразовывает радиосигнал в цифровые данные, подходящие для передачи по IP-сети, и наоборот. Эта система предназначена для передачи речи по локальной сети в реальном времени между компьютером и удаленными радиостанциями. Система состоит из рабочего места диспетчера и удаленных радиостанций. Радиостанция подключается к IP-сети посредством шлюза RoIP.

Основное назначение системы — обеспечение устойчивой радиосвязью объектов со сложной инфраструктурой и топологией, объединение в одну сеть нескольких групп пользователей, использующих различный частотный ресурс; обеспечение возможности перехода на цифровые системы передачи голоса без замены и модернизации абонентского парка радиостанций.

Ядром системы является RoIP-шлюз разработки. Он позволяет удалённо (через компьютерную сеть) управлять практически любой радиостанцией (слушать/передать в эфир голосовые сообщения, переключать каналы, передавать данные о мощности принимаемого сигнала RSSI, поддерживать DTMF-сигналинг и сквозной COM-порт). Таким образом, RoIP-шлюз позволяет не только передавать голос с радиостанции в IP-сеть и обратно, но и имеет достаточный функционал для построения сложных систем радиосвязи.

Устройство RoIP-шлюзов строится с учетом последних тенденций по созданию комплексных систем радиосвязи на основе IP-сетей для управления и информационного обеспечения различных служб общественной безопасности при проведении совместных операций и для других организаций, использующих радиосвязь в своей повседневной деятельности.

RoIP-оборудование позволяет объединять в единую коммутационную сеть:

- абонентов, находящихся в различных помещениях одного здания, между которыми нет радиосвязи;
- абонентов, находящихся в различных зданиях, между которыми нет радиосвязи;
- абонентов, находящихся в экранированном помещении (шахте, металлическом ангаре) и вне его.

Также это оборудование позволяет решить сложные задачи по радиофикации протяженных объектов или объединению в единую сеть совершенно разных систем связи.

Система связи может строиться различными способами: с использованием отдельных RoIP-шлюзов, соединенных между собой посредством IP-сети, либо с использованием серверов коммутации с подключением к ним большого числа шлюзов и возможности управления шлюзами через АРМ Диспетчер.

RoIP-шлюз объединяет подвижные и стационарные радиосети пользователя в единую комплексную систему радиосвязи с обменом данными по IP-протоколу, позволяя реализовывать возможности, намного превышающие традиционную голосовую радиосвязь.

Типовым решением удаленного доступа к базовым станциям является использование дистанционного пульта управления, позволяющее с помощью программного обеспечения, установленного

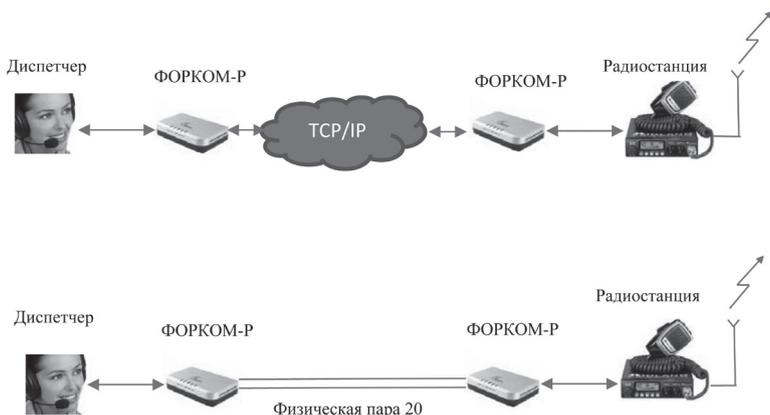


Рис. 1.21. Схемы организации связи через IP-сеть и по физической линии связи с пультом дистанционного управления

на персональном компьютере, управлять удаленной базовой радиостанцией по IP-сети или по физической паре (рис. 1.21).

Использование пультов на базе ПК дает возможность без применения специальных пультов программно изменять настройки ретрансляторов и базовых станций и осуществлять по IP-сети прямой контроль над состоянием систем связи. Система RoIP-связи позволяет создать единый диспетчерский центр управления подразделениями (нарядами) различных служб (с возможностью организации конференцсвязи между диспетчерами), реализовывать удаленное управление и настройку базовых станций многозональных радиосетей (рис. 1.22).

С учетом событий природных и техногенных катастроф, а также террористических актов, локальные службы общественной безопасности и подразделения по чрезвычайным ситуациям должны иметь возможность быстрого установления связи между собой и с центрами управления, имеющими те или иные полномочия, что позволяет сделать единый диспетчерский центр.

Для связи операторов/диспетчеров между собой и с абонентами разработано специальное программное обеспечение «СОВР» (Система обеспечения взаимодействия в регионе) — универсальное средство, позволяющее объединить радиосети различных стандартов (APCO-25, TETRA), частот и территориально удаленных друг от друга в единую радиосеть на основе межсистемных IP-шлюзов, коммутаторов.

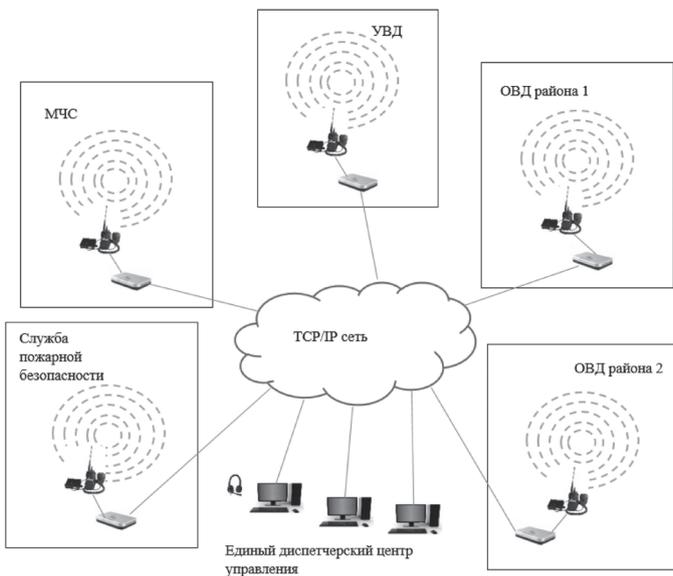


Рис. 1.22. Схема построения с единым диспетчерским центром

Сети связи RoIP могут быть интегрированы в региональную (федеральную) систему взаимодействия, используя существующие IP-сети для координации действий вне зависимости от географических границ.

Системы связи на базе RoIP позволяют производить коммутацию радиосетей с телефонными сетями общего пользования. В данном случае радиостанция используется как SIP-объект, что дает возможность коммутировать радиостанции с телефонной сетью общего пользования через АТС, поддерживающие протокол SIP, а также выходить на заданную пользователем радиосеть через программный коммутатор soft switch (рис. 1.23).

С помощью данной схемы пользователи радиостанций получают доступ к тем сервисным возможностям, которые традиционно могли использовать только абоненты сотовых сетей связи или телефонных сетей общего пользования, включая прямой вызов телефонных номеров, переадресацию вызовов, конференцсвязь, а также запись переговоров в эфире.

Также с помощью технологии RoIP можно измерять и передавать уровень принимаемого сигнала RSSI, пользователь может по-

строить дешевую систему связи вдоль протяженных объектов (автомобильных дорог, железнодорожных путей, трубопроводов, тоннелей, линий метрополитена) (рис. 1.24).

При такой организации сети связи все базовые станции должны принимать радиосигнал мобильных раций на одном частотном канале F1, а передавать на двух других F2/F3 (для соседних базовых станций). Соответственно, мобильные рации должны постоянно сканировать два частотных канала F2/F3, а передавать на частоте F1.

Такая схема применения по сравнению с системами радиосвязи, использующими технологию SIMULCAST, требует дополнительного частотного канала, но значительно удешевляет систему.

Для работы с RoIP-системами разработаны радиостанции с GPS-гарнитурой и встроенным FSK-модемом, что позволяет

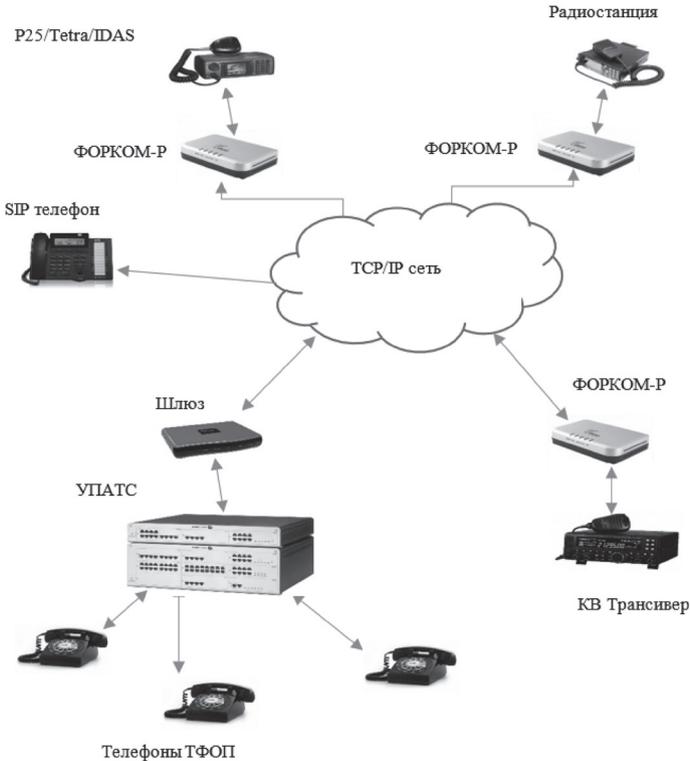


Рис. 1.23. Объединение системы радиосвязи с телефонной сетью

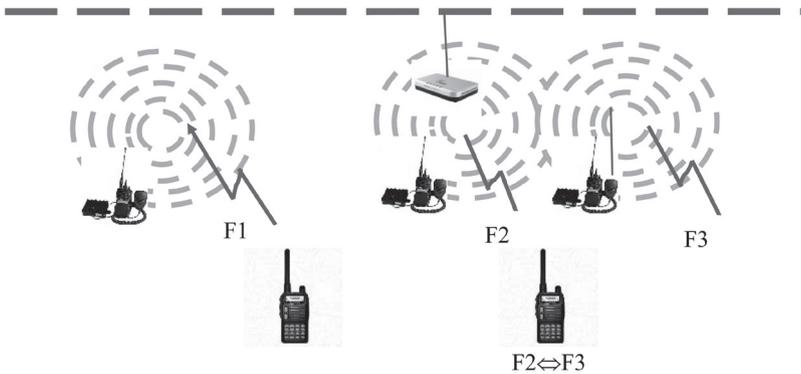


Рис. 1.24. Схема организации связи вдоль протяженных объектов

реализовать функцию определения и сбора координат мобильных радиостанций (в том числе расположенных в различных регионах). Полученные базовыми станциями координаты через модули RoIP по IP-сети транслируются в диспетчерские центры, где с помощью специального ПО могут быть отображены на экране монитора (рис. 1.25).

На рис. 1.26 показана простая схема организации связи, когда через Интернет взаимодействуют два RoIP-шлюза, каждый из которых соединен кабелем со своим радиоретранслятором. При этом радиоабоненты группы «А» и радиоабоненты группы «В» могут переговариваться «каждый с каждым». Для установления связи требуется только таблица IP-адресов. Если подобная система связи совместима с IP-технологией многоадресной рассылки, то в схему типа «Мост» могут быть включены три или более блока RoIP.

Также с помощью RoIP-шлюзов две или более радиостанции (или радиоретрансляторы) подключаются к сети Интернет или любой другой IP-сети. Вызов требуемого радиоабонента по нисходящей линии связи осуществляется с помощью сигнала тональной системы избирательного вызова DTMF. Для каждого шлюза заранее должны быть созданы таблица IP-адресов, а также — таблица нисходящих радиолиний в соответствии с сигналами системы DTMF (рис. 1.27). Можно запрограммировать до 500 номеров вызываемых абонентов. Каждый шлюз должен иметь постоянный

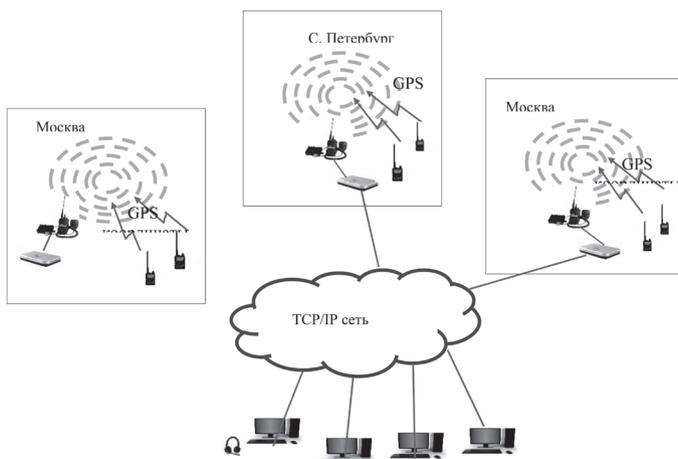


Рис. 1.25. Определение и сбор GPS-координат мобильных радиостанций

IP-адрес.

Возможности системы на базе RoIP-шлюзов:

- Позволяет передавать голосовые сообщения через радио, VoIP, GSM.
- RoIP преобразовывает радиоголосовые сообщения в VoIP.
- Позволяет голосовые сообщения получать от телефонных сетей и передавать (GSM и PSTN).
- Делает запись голосовых сообщений среди различных сетей простой и легкой.
- Запись и протоколирование переговоров и всех действий оператора.

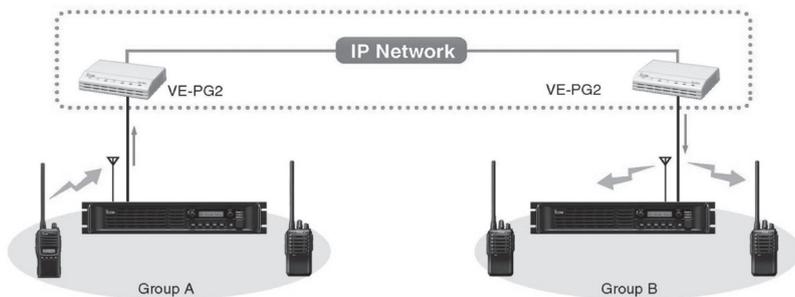


Рис. 1.26. Схема организации связи типа «Мост»

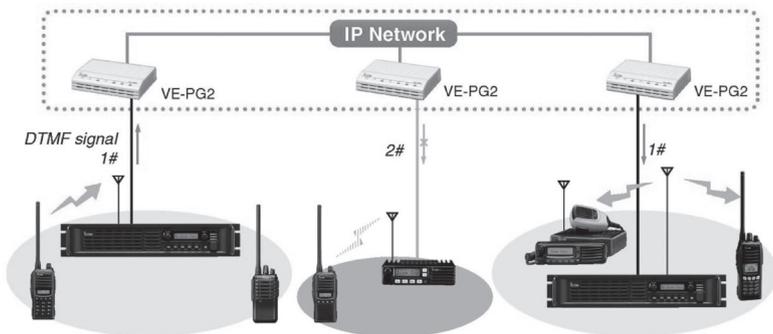


Рис. 1.26. Схема организации связи типа «Мост»

- Вызовы индивидуальные/групповые/циркуляры.
- Объединение абонентов в группы.
- Воспроизведение переговоров и фильтрация по критериям.
- Различные уровни доступа пользователей.
- Удаленный контроль и отображение датчиков/шлейфов.
- Способность расширить диапазон существующей радиосети везде, где есть доступ к Интернету.
- RoIP обеспечивает способность к взаимодействию между различными радиосетями с помощью общего интерфейса.

К RoIP могут быть подключены как аналоговые, так и цифровые радиостанции, что позволяет внедрять данные системы на уже имеющиеся системы связи, производить постепенный переход от аналоговых систем к цифровым по мере развития сети, технологий и возможности организаций, использующих радиосвязь.

Глава 2.

РАЗВЕРТЫВАНИЕ СЕТЕЙ РАДИОСВЯЗИ

Реализация цифровой системы радиосвязи ОВД МВД России в конкретном регионе Российской Федерации предполагает следующие этапы [12]:

а) разработка системного проекта цифровой системы радиосвязи. На данном этапе выполняются следующие работы:

- определение состояния существующей сети радиосвязи (аналоговая и цифровая компоненты) на территории субъекта Федерации;
- определение состояния существующей транспортной сети, которая может быть использована для соединения элементов будущей цифровой сети радиосвязи;
- уточнение потребностей в перечне услуг, которые должна оказывать система цифровой радиосвязи, в том числе передача данных, соединение с ТФОП и ведомственной АТС, услуги определения местоположения и др.;
- уточнение перечня пользователей сети цифровой радиосвязи и предполагаемой нагрузки на сеть (количество групп, число пользователей в группах, территориальное расположение пользователей, необходимость обслуживания пользователей при их перемещении в пределах субъекта федерации, интенсивность обмена и пр.);
- уточнение потребностей в абонентском оборудовании (стационарные, возимые, носимые радиостанции, в том числе носимые радиостанции упрощенного функционала, станции, обеспечивающие поддержку режима определения местоположения и пр.);
- расчёт пропускной способности и определение количества инфраструктурного оборудования (число и канальная емкость базовых станций и ретрансляторов);
- частотно-территориальное планирование, расчёт зон покрытия, обоснование мест размещения базовых станций транкинговой сети диапазона УВЧ, ретрансляторов конвенциональной сети диапазона ОВЧ, дополнительных приемных устройств;
- определение состава системы управления сетью радиосвязи и обоснование мест размещения коммутационного оборудования и оборудования управления (АРМ администратора сети и АРМ операторов сети), стационарных радиостанций;

- расчёт нагрузки на транспортную сеть и ее планирование;
- обоснование необходимости резервирования и определение числа оборудования, обеспечивающего резервирование работы сети радиосвязи и транспортной сети;
- расчёт инженерных систем на основании требований к ЭМС и АФУ, требований к помещениям для установки инфраструктурного оборудования, требований к системам электроснабжения, заземления и молниезащиты, вентиляции и кондиционирования, охранно-пожарной сигнализации, пожаротушения, отопления и освещения;
- согласование системного проекта с заказчиком;

б) разработка проектной документации объекта «Строительство сети радиосвязи ОВД МВД республики (название)», «Строительство сети радиосвязи ОВД управления (Главного управления) Министерства внутренних дел Российской Федерации по (название области, края)»;

в) прохождение государственной экспертизы объекта и проверка достоверности определения сметной стоимости объекта, получение заключений;

г) разработка рабочей документации;

д) выполнение строительно-монтажных работ;

е) приобретение оборудования, его поставка и выполнение пуско-наладочных работ;

ж) организация обучения должностных лиц, ответственных за эксплуатацию оборудования;

и) ввод сети цифровой радиосвязи в эксплуатацию.

2.1. Задача частотно-территориального планирования при развёртывании сетей радиосвязи ОВД

Развитие в структуре органов внутренних дел современных радиосистем различного назначения влечёт за собой использование большого количества стационарных и мобильных радиоэлектронных средств (РЭС). Обеспечение их частотным ресурсом в условиях его дефицита требует оптимизации присвоения частот. Условия решения этой задачи отличаются многообразием, определяемым количеством и плотностью размещения РЭС, степенью их взаимовлияния, объёмом выделяемого частотного ресурса и ограничениями на его ис-

пользование. Такое многообразие не позволяет разработать универсальный метод присвоения частот, так как многие известные методы обладают ограничениями либо по точности получаемых результатов, либо по размерности задачи. Для разработки практически пригодных методов необходим учет особенностей постановки задач для различных случаев и поиск рациональных алгоритмов оптимизации.

В настоящее время частотно-территориальное планирование сетей радиосвязи осуществляется, в основном, с помощью программных систем и электронных цифровых карт местности, позволяющих проводить компьютерное моделирование распространения сигнала с учетом различных препятствий, а также уровня застройки местности. Методы исследования можно разделить на две группы: численные, учитывающие непосредственное взаимодействие излучения с веществом и возникающие в связи с этим эффекты (дифракция, отражение, преломление и др.), и полуфеноменологические, основанные на введении экспериментальных или эмпирически определенных коэффициентов затухания для того или иного типа ландшафта.

При решении электродинамической задачи в случае достаточно больших городов, когда непосредственный учет всех необходимых параметров, таких как высота каждого здания, этажность, ширина улиц и т.д., практически невозможен, требуется создание интегрированной программной среды для реализации, в зависимости от заданных условий, частотно-территориального планирования системы радиосвязи [11].

Разработка проекта частотно-территориального плана (ЧТП) создаваемой сети подвижной радиосвязи осуществляется с учетом выделенной полосы радиочастот, обеспечения внутрисистемной электромагнитной совместимости (ЭМС) и ЭМС с внешними радиоэлектронными средствами (РЭС), работающими в выбранной частотной полосе на окружающей территории. При разработке ЧТП также необходимо руководствоваться нормами требуемого частотно-территориального разнесения для совмещаемых типов РЭС.

Выбор перспективных рабочих полос радиочастот осуществляется на основе анализа имеющихся на данный момент возможностей. Проводится сопоставительный анализ перспективности частотных полос и выбор типа оборудования на основе технико-экономического сравнения имеющихся предложений.

Указанные обстоятельства усиливают необходимость использования и совершенствования системы межотраслевых, отраслевых (ведомственных) и местных нормативных материалов.

В условиях модернизации сетей связи органов внутренних дел, ввода новых систем цифровой связи, перехода на использование современных инфокоммуникационных технологий увеличивается роль ЧТП в подразделениях информационных технологий, связи и защиты информации.

2.2. Технические характеристики радиоэлектронных средств, влияющие на их электромагнитную совместимость

Большинство причин возникновения проблемы ЭМС РЭС обусловлено техническим несовершенством самих РЭС. Как источники и объекты воздействия непреднамеренных помех, они имеют технические характеристики, влияющие на их ЭМС.

К характеристикам радиопередающего устройства относятся характеристики излучения в широкой полосе частот, т.е. его характеристики как источника непреднамеренных помех, а также характеристики восприимчивости к излучениям, т.е. его характеристики как объекта воздействия непреднамеренных помех, приводящие к возникновению интермодуляционных и шумовых излучений.

К характеристикам радиоприемного устройства, влияющим на ЭМС РЭС, относятся характеристики приема в широкой полосе частот, т.е. его характеристики как объекта воздействия непреднамеренных помех, а также характеристики излучения как источника непреднамеренных помех.

Перечень технических характеристик радиопередающих устройств, влияющих на ЭМС, следующий:

- рабочие частоты;
- основное радиоизлучение через антенну;
- главный лепесток диаграммы направленности антенны (ДНА) при радиоизлучении на рабочих частотах;
- временный режим работы на излучение;
- боковые и задние лепестки ДНА при радиоизлучении на рабочих частотах;
- внеполосное и побочное радиоизлучение через антенну;

- ДНА на частотах внеполосных и побочных излучений;
- радиоизлучение помимо антенны;
- восприимчивость к радиопомехам, вызывающим интермодуляционные радиоизлучения;
- восприимчивость по цепям питания, управления, коммутации, заземления;
- нестабильность частоты радиоизлучения;
- электромагнитное излучение оборудования (индустриальные помехи).

Перечень технических характеристик радиоприёмных устройств, влияющих на ЭМС:

- рабочие частоты;
- характеристика частотной избирательности (ХЧИ) по основному каналу приема;
- главный лепесток ДНА при приеме на рабочих частотах;
- временный режим работы на прием;
- боковые и задние лепестки ДНА при приеме на рабочих частотах;
- ХЧИ по соседнему и побочным каналам приема;
- ХЧИ по блокированию;
- ХЧИ по перекрестным искажениям;
- ХЧИ по интермодуляции;
- ДНА на частотах соседних и побочных каналов приема, блокирования, перекрестных искажений и интермодуляции;
- восприимчивость к радиопомехам помимо антенн;
- восприимчивость к помехам по цепям управления, питания, коммутации и заземления;
- нестабильность частоты гетеродина;
- радиоизлучение гетеродина (индустриальные помехи);
- электромагнитное излучение оборудования (индустриальные помехи).

2.3. Основы ЧТП для систем радиосвязи ОВД

2.3.1. Методы анализа ЭМС РЭС и технические нормы частотно-территориального планирования

Наиболее важными для сетей радиосвязи являются помехи по совмещенному, соседнему и побочным каналам, а также помехи, обусловленные эффектом интермодуляции. При частотно-террито-

риальном планировании в качестве источников непреднамеренных помех рассматриваются стационарные радиостанции (СР). Помехи любого вида можно исключить, обеспечив определенные частотные и (или) территориальные разносы (ЧТР) СР сетей.

Под помехами по совмещенному каналу понимаются помехи, возникающие в случае, когда частота приема СР (или МР и НР) одной радиосети равна частоте передачи СР (или МР и НР) другой сети. При этом критерием ЭМС является минимально допустимое отношение уровня полезного радиосигнала к уровню радиопомехи на входе приёмного устройства $(S/I)_{BX}$, называемое защитным отношением. Защитное отношение по совмещённому каналу задаётся в зависимости от назначения радиосети. Если радиосеть предназначена для организации радиосвязи абонентов с абонентами ГАТС (1 категория), то $(S/I)_{BX} = 20 \text{ дБ}$; если сеть предназначена для организации связи абонентов без выхода в сети общего пользования, то $(S/I)_{BX} = 12 \text{ дБ}$. Для определения совместимости двух различных радиосетей в отношении помех по совмещённому каналу следует вычислить значение необходимого территориального разноса, обеспечивающего заданный критерий ЭМС.

Под помехами по соседнему каналу понимаются помехи, возникающие в случае, когда частота приёма абонентских средств исследуемой сети ($f_{ПРМ}$) смещена на величину шага сетки частот относительно частоты передачи абонентских средств ($f_{ПРД}$) другой сети:

$$f_{ПРМ} = f_{ПРД} + \Delta CЧ$$

где $\Delta CЧ$ — шаг сетки частот РЭС исследуемой сети. Для исключения влияния помехи по соседнему каналу необходимо увеличивать или частотный разнос $\Delta f = |f_{ПРД} - f_{ПРМ}|$, или пространственный разнос между средствами, или осуществлять оба мероприятия.

Мощность мешающего сигнала в соседнем канале ИСК можно рассчитать следующим образом:

$$I_{СК} \leq Pt + Gt + Gr - Ld - \beta p,$$

где Pt — мощность мешающего передатчика, дБм; Gt — коэффициент усиления антенны мешающего передатчика в направлении приёмника, дБ; Gr — коэффициент усиления приёмной антенны

в направлении мешающего передатчика, дБ; Ld — потери мощности мешающего сигнала при распространении на расстоянии d до приёмной антенны, дБ; Δp — ослабление мешающего сигнала за счет избирательности приёмника на участке разноса частот Δf , дБ (избирательность приёмника по соседнему каналу). Ослабление мешающего сигнала Ld можно рассчитать или по известным зависимостям распространения радиоволн с учетом топографических данных и условий распространения в свободном пространстве.

Пример расчёта совместимости радиосети в отношении помех по соседнему каналу для линейного режима в диапазоне 450 МГц.

Технические параметры РЭС соответствуют стандартным требованиям:

- мощность мешающего передатчика СР $P_t = 20$ Вт (43 дБм);
- допустимая мощность излучений передатчика в соседнем канале $\Delta P_t < 2,5$ мкВт (−26 дБм);
- чувствительность приемника СР радиосети 0,5 мкВ (−93 дБм);
- избирательность приемника СР радиосети по соседнему каналу $\beta_p \geq 75$ дБ.

Положим, что G_t и G_r равны нулю. Пусть мощность мешающего сигнала ИСК на входе приемника СР радиосети известна из эксперимента и равна −30 дБм.

Рассчитаем величину потерь на трассе мешающего сигнала Ld :

$$Ld = P_t - I_{ск} = 43 + 30 = 73 \text{ дБ},$$

На такую же величину ослабляется мощность излучений передатчика СР в соседнем канале и, следовательно, $\Delta P_t = -(26+73) = -99$ дБ, что на 6 дБ ниже значения минимально возможной мощности полезного сигнала на входе приемника. Для того чтобы обеспечить хорошее качество полезного сигнала, мешающий сигнал необходимо дополнительно ослабить на 6 дБ. Этого можно добиться увеличением расстояния d или разноса по частоте Δf . Последнее условие означает, что мешающий передатчик должен работать на 2-м (или 3-м, 4-м и т.д.) соседнем канале. С увеличением Δf значение $\Delta P_t \rightarrow 0$.

Рассмотренный пример показывает, что ограничивающим фактором в данном случае оказался уровень излучений передатчика в соседнем канале.

Под помехами по побочному каналу приёма понимаются помехи, возникающие в случае, когда частота передачи РЭС мешающей сети отличается как от частот приёма РЭС исследуемой сети, так и от частот их соседних каналов приёма. Процедура определения совместности радиосетей по побочным каналам приёма совпадает с процедурой определения совместности радиосетей по соседнему каналу. При этом избирательность приёмника по соседнему каналу заменяется на избирательность приёмника на частоте передачи мешающего передатчика. Следует отметить, что использование в расчётах приводимой в технической документации на РЭС избирательности приёмника по побочным каналам приёма вместо реальной избирательности приёмника на частоте передачи мешающего передатчика приводит к сильному искажению результатов в сторону увеличения требуемого территориального разнеса. Это связано с тем, что приводимая в технической документации на РЭС избирательность приёмника по побочным каналам приёма является общей оценкой избирательности приёмника по всем побочным каналам приёма.

Помехи, частоты которых значительно отличаются от частоты соседнего канала, ослабляются избирательными цепями ВЧ тракта в соответствии с зависимостью

$$\beta = 20 \lg [1 + Q^2 (ff_0 - f_0/f)^2]^{n/2} \text{ дБ},$$

где $f = f_0 + \Delta f$; f_0 — частота настройки контура; Q — добротность контура; n — число контуров.

Помеха по побочному комбинационному каналу приёма проявляет своё действие на фиксированных значениях частот. Стандартная норма допустимого уровня мешающего сигнала $I_{\text{доп}} \geq 80$ дБмкВ. Это более высокая защищённость, чем по соседнему каналу, но также недостаточная для исключения влияния помех в типичной электромагнитной обстановке на загруженных диапазонах.

Блокирование полезного сигнала помехой проявляется в полосе частот, начиная от соседнего канала (в любую сторону от частоты настройки приёмника) до уровня ослабления помехи ВЧ контурами $\beta = -80$ дБ. Стандартная норма на допустимый уровень блокирующей помехи ИДОП.БЛ связана с определённым значением Δf .

Наиболее опасными для радиосетей ОВД считаются интермодуляционные помехи, которые могут возникать в той же полосе частот

ВЧ тракта приёмника, что и блокирующие, т.е. начиная от соседнего канала до частоты, соответствующей ослаблению $\beta = -80$ дБ по обе стороны от частоты настройки приёмника. При анализе электромагнитной обстановки обычно рассматривают интермодуляционные помехи 3-го порядка, образованные сочетаниями частот $2f_1 - f_2 = f_0$, где f_1 и f_2 — частоты мешающих сигналов и f_0 — частота настройки приёмника на полезный сигнал. Более точная расчётная формула может быть записана в виде

$$2f_1 - f_2 = f_0 + \Delta f_{\text{ПЧ}}/2,$$

где $\Delta f_{\text{ПЧ}}$ — полоса пропускания тракта ПЧ приемника.

При определении допустимой мощности мешающих сигналов критерием является максимально допустимая мощность РИИТ интермодуляционного продукта на частоте f_0 . Если f_1 и f_2 отличаются от f_0 более чем на 0,2 %, то при расчётах следует учитывать ослабления β_1 и β_2 , которые определяются из уравнения (2.1). При определении допустимых мощностей мешающих сигналов на входе приёмника, превышение которых приводит к интермодуляционной помехе, можно пользоваться следующей зависимостью:

$$2(P_1 - \beta_1) + (P_2 - \beta_2) - K_{2,1} = P_{\text{ИИТ}}$$

где P_1 и P_2 — мощности мешающих сигналов с частотами соответственно f_1 и f_2 , дБ; $k_{2,1}$ — параметр интермодуляции в приёмнике, характеризующий ослабление мощности мешающих сигналов при образовании интермодуляционного продукта, дБ. Чем больше $k_{2,1}$, тем больше приёмник защищён от интермодуляционных помех.

При наличии в полосе ВЧ тракта приёмника мощных мешающих сигналов следует учитывать возможность возникновения интермодуляционных помех 5-го и 7-го порядков.

2.3.2. Влияние промышленных помех

При анализе электромагнитной обстановки в диапазоне частот работы радиосетей ОВД необходимо учитывать влияние промышленных помех.

Излучаемые промышленные помехи создают фон, уровень которого надо оценивать как составляющую в общей совокупности

НЭМП, влияющих на приёмное устройство. Знание такой составляющей необходимо при определении уровня полезного сигнала, который с некоторым запасом должен использоваться в конкретных условиях приёма. Фон промышленных помех различен для городских и сельских районов и зависит от частоты.

К промышленным радиопомехам относится большая группа радиопомех, которые возникают в результате работы различных устройств. Диапазон частот, в котором ощущается их наибольшее мешающее действие на РЭС, простирается примерно до 1000 МГц.

Все источники промышленных помех обычно делят на две основные группы. К одной из них относят устройства, предназначенные для генерирования радиочастотных колебаний: радиочастотные установки промышленного, медицинского и научного применения, гетеродины ПРД, системы разверток электроннолучевых трубок телевизоров и др. К другой группе принадлежат устройства, назначение которых иное, чем генерирование радиоизлучений. Она разнообразна по своему составу. Это и городской транспорт (автомобили, трамваи, троллейбусы), и железнодорожный транспорт, использующий электрическую тягу, и различные бытовые и коммунальные электроприборы, и электрические машины, и высоковольтные линии электропередач.

Источники первой группы создают помехи не только на своей рабочей частоте, но и на частотах, являющихся гармониками рабочей, они носят периодический характер, т.е. являются синусоидальными или близкими к ним.

Уровень помех от промышленных радиочастотных установок бывает различным. Он может достигать нескольких сотен вольт на метр, но с увеличением расстояния от установки быстро ослабевает.

2.4. Нормирование параметров радиоизлучения и приема

Эффективность использования радиочастот зависит не только от «глобальных» системных или межсистемных организационных решений. Она зависит и от параметров радиоизлучения и приема самих РЭС. Недостаточная избирательность радиоприёмников, их излишняя восприимчивость или высокий уровень побочных излучений радиопередатчиков могут свести на нет хорошие системные

решения. Поэтому обеспечение достаточно высоких показателей РЭС в части параметров радиоизлучений и приёма находится в центре внимания радиоспециалистов, радиочастотных органов стран. Нормирование и стандартизация этих параметров составляют заметную долю усилий научной и инженерной мысли. Отметим здесь и проектирование элементов и узлов РЭС. Строго говоря, задача ЭМС РЭС находится вне контура собственно РЭС. Внутренние параметры, т.е. параметры отдельных узлов и элементов РЭС, важны для ЭМС РЭС лишь в той степени, в которой они предопределяют внешние параметры РЭС: параметры радиоизлучения и приёма, например, параметры кварцевых генераторов (они в основном обуславливают итоговые значения стабильности частоты всего РЭС) и побочные колебания СВЧ электровакуумных приборов, являющихся выходными приборами СВЧ радиоэлектронных средств.

Нормирование параметров радиоизлучений и приёма необходимо для ограничения нежелательных излучений, улучшения условий и качества приёма, повышения эффективности использования РЧС и служит одним из важнейших средств обеспечения ЭМС РЭС.

Требования к параметрам радиоизлучений и приёма РЭС предъявляют в виде технических норм международного характера, предусмотренных Регламентом радиосвязи, в виде Рекомендаций Международного консультативного комитета по радиосвязи (МККР), а также в виде национальных и ведомственных норм, стандартов, технических условий. Наиболее полно нормирование параметров ЭМС РЭС осуществляется в рамках страны. В настоящее время нормативные документы (международные и общесоюзные нормы, стандарты), относящиеся к ЭМС, можно классифицировать следующим образом [3].

1. Нормы, относящиеся к параметрам радиоизлучений РЭС. Сюда входят требования к мощности радиопередающих устройств и плотности потока мощности, допустимому отклонению частоты, ширине полосы частот излучения (занимаемая, контрольная, необходимая), спектру и уровню (мощности) внеполосных излучений, уровню и абсолютным значениям побочных излучений, шумовым характеристикам передатчиков.
2. Нормы, относящиеся к параметрам приема РЭС. Это требования к чувствительности, восприимчивости по основному и побочным каналам приёма, избирательности, измеряемой односигнальным,

двухсигнальным и многосигнальным методами, к полосе пропускания, помехозащищённости от промышленных радиопомех по цепям электропитания, управления и коммутации.

3. Нормы на характеристики ЭМС электровакуумных приборов (ЭВП) и элементной базы. Эти нормативы относятся:

— к ЭВП радиопередатчиков и соответственно включают требования к побочным колебаниям, внекратовым излучениям, шумовым характеристикам и др.;

— к ЭВП радиоприемников, включая требования к линейности характеристик (индекс линейности), степени восприимчивости к помехам, а также к шумовым характеристикам, фильтрам для целей ЭМС.

4. Нормы, относящиеся к антенно-фидерным устройствам. Здесь предусмотрены требования к диаграммам направленности передающих и приёмных антенн, к КБВ или КСВ фидера.

5. Нормы на уровни и другие характеристики промышленных радиопомех. Сюда следует отнести требования к излучению (радиации) от гетеродинов и других генераторов радиоприемников, к высокочастотным генераторам, применяемым в установках для промышленных, научных, медицинских и бытовых целей и др.

6. Организационно-методические и общетехнические нормы. Эта группа нормативных документов в основном находится в стадии разработки. Действуют лишь отдельные нормы и стандарты.

В организационно-методические и общетехнические нормы будут входить:

— требования к защитным отношениям (сигнал/помеха, сигнал/шум), методики расчёта воздействия радиопомех, мешающих сигналов на радиоприём различных классов радиоизлучения, нормы на территориально-частотный, пространственно-частотный разнос РЭС (координационные расстояния, границы зон обслуживания, зон покрытия);

— классифицирование РЭС в части жёсткости требований к их параметрам ЭМС; типовой раздел по ЭМС в техническом задании на разработку и в технических условиях на поставку РЭС, электрических и электромеханических устройств, ВЧ установок; критерии и методики расчёта эффективности РЭС по ЭМС, в том числе при эксплуатации РЭС в локальных группировках, на объектах;

- критерии и методики расчёта эффективности использования РЧС (радиочастотного ресурса) отдельным РЭС, группой РЭС, радиослужбой; методики анализа, измерений и расчета загрузки РЧС; организационно-технические основы координации и планирования радиочастотных выделений и присвоений;
- терминология по ЭМС и использованию РЧС.

Общероссийские нормы постепенно стали основными нормативно-техническими документами, определяющими требования к РЭС с точки зрения повышения эффективности использования РЧС и обеспечения ЭМС. Поэтапное обновление общероссийских норм обеспечивает их прогрессивность, побуждает промышленность и науку изыскивать новые, более эффективные технические решения при конструировании РЭС, электромеханических устройств и высокочастотных установок, а также разрабатывать соответствующую контрольно-измерительную аппаратуру.

Утверждаемые государственной комиссией по радиочастотам (ГКРЧ) общероссийские нормы на параметры радиоизлучений и приёма являются обязательными для выполнения всеми министерствами и ведомствами, а также предприятиями, организациями и учреждениями любого подчинения (государственного, республиканского или местного) при заказе, разработке, изготовлении, приобретении (в том числе за границей) и эксплуатации РЭС, а также электротехнических средств, являющихся источниками промышленных радиопомех. Установлен порядок учёта общесоюзных норм в государственных стандартах.

Дальнейшее развитие созданной системы общероссийских нормативных документов в части полноты и глубины охвата, обеспечивающего защиту важнейших РЭС от помех, должно идти по следующим основным направлениям:

1. Совершенствование действующих норм и стандартов, в том числе обоснованное ужесточение требований, дальнейшее расширение частотного диапазона, улучшение методики измерений.
2. Охват нормативными документами дополнительных параметров радиоизлучения и приёма, в том числе нормирование шумовых излучений радиопередатчиков, излучений от корпусов передающих РЭС и т.п.
3. Расширение перечня РЭС, охваченных нормативными документами, в том числе использующих новые или комбинированные классы излучения.

4. Разработка нормативных документов по повышению эффективности использования РЧС, в том числе по условиям совместного использования общих полос частот различными видами РЭС, по пространственному, частотному или временному их разнесу.

Совершенствование системы нормативных документов в области ЭМС должно привести к определению совокупности параметров радиоизлучений и приёма РЭС, необходимой и достаточной для объективного определения качества РЭС с точки зрения ЭМС.

Следует подчеркнуть, что разработка перспективной системы нормирования параметров излучения и приема РЭС, уровней и других параметров промышленных радиопомех является задачей большой сложности, требующей привлечения широкого круга специалистов.

2.5. Порядок частотно-территориального планирования сетей связи ОВД

Частотно-территориальное планирование проводится в соответствии с разработанной (или разрабатываемой) схемой организации радиосвязи. Исходными данными для ЧТП являются следующие:

- схема и технические характеристики системы радиосвязи;
- технические характеристики РЭС системы радиосвязи, влияющие на электромагнитную совместимость;
- технические характеристики действующих систем радиосвязи ОВД;
- сведения о передающих РЭС других ведомств (внесистемных РЭС). Как правило, это средства теле- и радиовещания, систем радиосвязи общего пользования, ФСБ, ФАПСИ и др.;
- перечень частот, не подлежащих изменению в новом частотном плане. Данный перечень определяется исходя из наличия централизованно назначаемых частот МВД России;
- данные о технических характеристиках систем радиосвязи в прилегающих районах граничных областей, краёв, республик, расположенных на расстоянии не более 100 км.

При этом необходимы сведения о географических координатах, частотах, мощностях передатчиков, параметрах АФТ, высотах подвеса передающих и приёмных антенн СР как систем радиосвязи, для которых осуществляется ЧТП, так и действующих.

Процедура назначения частот носит итерационный характер. На первом этапе осуществляется распределение частот среди систем радиосвязи, для которых разрабатывается ЧТП. После этого проводится анализ ЭМС РЭС (с учётом исходных данных) в отношении помех по совмещенным, соседним, побочным и интермодуляционным каналам. Если помехи отсутствуют, то данный частотный план принимают за основу. Частотный план считается приемлемым, если помехи по совмещенным, соседним и побочным каналам отсутствуют, а количество интермодуляционных помех минимально, и каждая из них является результатом воздействия трех мешающих передатчиков. В противном случае проводят корректировку ЧТП. Если не удастся добиться полного исключения помех, тогда наилучшим результатом будет считаться тот частотный план, в котором минимальное количество помех по соседним и побочным каналам; минимальное количество помех интермодуляции от двух СР в случае равного количества помех по соседним и побочным каналам; минимальное количество помех интермодуляции от трех СР в случае равного количества помех по соседним и побочным каналам и помех интермодуляции от двух СР.

Если не удаётся исключить помехи по совмещенному каналу (или в случае появления интермодуляционных помех в приёмниках РЭС), для уменьшения их воздействия радиостанциям несовместимых сетей необходимо присвоить различные коды CTCSS или DCS.

2.6. Последовательность частотно-территориального планирования сети подвижной радиосвязи DMR

В настоящее время важнейшей задачей совершенствования систем подвижной радиосвязи органов внутренних дел является построение цифровых радиосетей. Для организации новых цифровых сетей необходимо руководствоваться следующими принципами:

- использовать те же диапазоны частот, в которых работают аналоговые сети;
- освободить (в случае необходимости) полосу канала связи в 25 кГц с переводом существующих аналоговых сетей на канальный разнос в 12,5 кГц. При этом необходимо обеспечивать те же зоны покрытия сетей, которые были при канальном разносе 25 кГц;

- освободить (в случае необходимости) полосу канала связи в 25 кГц с переводом существующих аналоговых сетей в другой частотный диапазон (с 160 МГц на 450 МГц);
- проводить анализ электромагнитной обстановки в местах установки базовых радиостанций с целью обеспечения ЭМС СПР и РЭС за счёт уменьшения внешних и внутренних помех;
- обеспечить запас на затухание сигнала в заданной зоне обслуживания абонентов не менее 12 дБ.

При частотном планировании цифровых СПР необходимо учитывать, что:

- минимальный частотный разнос между передающими каналами одной базовой станции, как правило, должен составлять не менее 200 кГц;
- минимальное расстояние между приёмными частотными каналами может быть 12,5 кГц и даже 6,25 кГц (сети IDAS-NXDN).

Перспективным является построение сетей на основе стандарта DMR, поэтому рассмотрим особенности ЧТП применительно к данному стандарту.

2.6.1. Последовательность территориального планирования сети DMR

Можно выделить четыре основных этапа [13, 14]:

- анализ имеющихся исходных данных и формирование согласованного с заказчиком массива данных для формирования частотно-территориального плана;
- расчёт «начального» радиопокрытия без учета помех и при необходимости согласованная с заказчиком корректировка исходных данных;
- формирование частотного плана и расчёт итогового радиопокрытия с учётом помех;
- количественная оценка качества планирования, визуализация результатов расчёта итогового радиопокрытия с учётом помех, формирование частотно-территориального плана.

В основе частотно-территориального планирования лежит расчёт и оценка на соответствие заданным требованиям уровня принимаемого сигнала в прямом и обратном направлении в каждой точке заданной области. Учёт помех проводится для всех базовых станций проектируемой сети. Таким образом, в прямой постановке получа-

ется сложная процедура расчёта, которая требует алгоритмизации вычислений и специализированного программного обеспечения.

2.6.2. Практическая реализация алгоритма ЧТП для систем радиосвязи на основе современных стандартов связи

Основой для формирования частотно-территориального плана являются исходные данные, включающие в себя: сведения о местоположении базовых станций и возможностях размещения антенного оборудования, требования к показателям качества и параметры оборудования абонентских и базовых станций, сведения об организации связи, конфигурации оборудования, режимов работы станций сети. Для проведения расчётов необходимо картографическое обеспечение, требования к которому определяются районом строительства сети радиосвязи.

При выборе картографического обеспечения следует исходить из принципа адекватности точности представления местности и методов прогнозирования радиопокрытия. Как правило, в качестве картографического обеспечения используются цифровые карты и модели местности в комбинации со спутниковыми снимками.

Выполнение мероприятий первого этапа алгоритма позволяет сформировать ситуационный план. Он поясняет постановку задачи планирования, основные требования и ограничения.

Второй этап заключается в формировании частотного плана, который определяется требуемой канальной ёмкостью базовых станций и доступным частотным ресурсом. Корректность частотного плана играет решающую роль с точки зрения обеспечения требуемого качества радиопокрытия, так как неудачное решение ведёт к образованию взаимных помех, а значит к потерям радиопокрытия.

При формировании частотного плана часто используется принцип группового назначения частот. Такой подход применён и при планировании сети DMR.

На основе разработанного ситуационного плана подбираются районы возможного размещения базовых станций, позволяющие разнести одинаковые группы частот.

Следующим шагом является расчёт зон радиопокрытия для выбранных мест размещения базовых станций и предварительно на-

значенных групп частот. По результатам расчёта с учётом заданных требований и оценки рассчитанного радиопокрытия, включая визуальную, окончательно определяются места размещения базовых станций и ориентации антенн. Таким образом, по результатам второго этапа формируется возможная максимальная зона радиопокрытия и параметры размещения оборудования базовых станций.

Учёт внутрисистемных помех при расчёте зоны радиопокрытия производится на третьем этапе. Неудовлетворительная оценка радиопокрытия с учётом помех приводит к необходимости коррекции результата предыдущего этапа. В результате формируется радиопокрытие с учётом частотных назначений и помех.

Для количественной оценки качества планирования используется обобщенный показатель радиопокрытия, который отражает требования заказчика и характеризует радиопокрытие с учётом помех и проведенных частотных назначений. В качестве такого показателя используется процент точек, в которых выполняется условие радиопокрытия. Для его расчёта осуществляется дискретизация требуемой области радиопокрытия, в окрестности каждой точки расчётным путем проверяется условие обеспечения радиопокрытия.

Заключительным документом является сформированный частотно-территориальный план, включающий в себя места размещения радиоэлектронных средств, их характеристики и назначенные им частоты.

2.7. Технические требования к оборудованию и системе радиосвязи органов внутренних дел

При развертывании сетей связи ОВД оборудование должно удовлетворять техническим, экономическим, эксплуатационным, санитарно-экологическим и эргономическим требованиям, выполнению требований по позиционированию подвижных объектов с использованием системы ГЛОНАСС, требованиям по обеспечению связи в трансграничных зонах. Оборудование также должно выбираться с учётом специфики подразделений по направлениям деятельности, жизненного цикла продукции, территории поставки и возможности обеспечения сервисного обслуживания, а также с учётом взаимодействия с существующими системами и средствами радиосвязи.

Основные требования к вновь развертываемым сетям связи ОВД.

1. Конвенциональные радиосети должны обеспечивать работу в режиме одночастотного симплекса и двухчастотного симплекса с ретрансляцией сигнала.
2. Система радиосвязи должна обеспечивать радиосвязь 2-го класса качества разборчивости речи (согласно ГОСТ 16600-72) между радиоабонентами, диспетчерами и абонентами других систем и радиосетей органов внутренних дел.
3. Должна обеспечиваться возможность построения радиосетей:
 - цифровых транкинговых;
 - цифровых конвенциональных;
 - аналоговых конвенциональных;
 - транкинговой цифровой, конвенциональной цифровой и конвенциональный аналоговый режимы работы (каждый из радиоканалов любой базовой станции радиосети должен иметь возможность функционирования в каждом из перечисленных режимов).
4. В конвенциональном режиме должна обеспечиваться возможность использования технологии одновременной синхронной передачи информации по радиоканалам, при этом:
 - должна использоваться одна пара частот для работы нескольких одноканальных базовых станций, имеющих пересекающиеся зоны обслуживания;
 - при использовании нескольких многоканальных базовых станций должна обеспечиваться их работа на единых для всех станций частотах;
 - должно обеспечиваться перемещение абонентов между сайтами без потери радиосвязи.
5. Для всех типов радиосетей органов внутренних дел должны обеспечиваться следующие возможности:
 - построение односайтовых и многосайтовых систем радиосвязи с централизованным коммутатором и территориально-разнесёнными стационарными диспетчерскими пультами;
 - круглосуточный режим работы радиосетей;
 - выбор абонентской радиостанцией наилучшего источника принимаемого радиосигнала при использовании в радиосетях технологии разнесённого приема;
 - защищенный доступ к ресурсам (защиту от несанкционированного использования базового радиооборудования);

- индикация статуса входящего радиоканала (занят/свободен) на основе соответствующих статусных символов во всех передаваемых сообщениях на исходящем радиоканале;
- совместная работа с другим радиооборудованием, используемым в органах внутренних дел;
- автоматический многостанционный доступ к ограниченному количеству радиоканалов в цифровом транкинговом режиме;
- количество каналов базовых станций не менее трёх с возможностью дальнейшего наращивания во всех режимах работы;
- возможность использования канала управления в качестве трафикового в цифровом транкинговом режиме;
- возможность использования аппаратуры разнесённого приёма во всех режимах работы;
- наличие центра управления и коммутации цифровой транкинговой системы радиосвязи и возможность управления не менее чем шестью многоканальными базовыми станциями в любом режиме работы;
- подключение не менее 16 автоматизированных мест диспетчера (АРМ-Д) в любом режиме работы;
- автоматическая регистрация радиоабонентов транкинговой радиосети в зоне действия базового оборудования в цифровом транкинговом режиме;
- автоматическая связь радиоабонентов транкинговой радиосети, находящихся в зоне действия одной базовой станции, с радиоабонентами, находящимися в зоне действия любой другой базовой станции радиосети в цифровом транкинговом режиме;
- автоматическая перерегистрация радиоабонентов транкинговой радиосети при переходе из зоны действия одной базовой станции в зону действия любой другой базовой станции радиосети в цифровом транкинговом режиме;
- сохранение транкингового режима работы в пределах зоны действия каждой базовой станции без предоставления автоматической связи между радиоабонентами, находящимися в зонах действия разных базовых станций, и автоматической перерегистрации радиоабонентов при отказе центра управления и коммутации в цифровом транкинговом режиме;
- индивидуальный, групповой и циркулярный вызовы радиоабонентов в любом цифровом режиме;

- приём и подтверждение приёма аварийного сообщения в любом цифровом режиме;
- идентификация работы номера активного радиоабонента на пульте АРМ дежурного в любом цифровом режиме;
- возможность дистанционного блокирования и разблокирования любой цифровой радиостанции радиосети, дистанционного прослушивания и дистанционной проверки нахождения радиоабонента в зоне обслуживания базовых станций в любом цифровом режиме;
- дистанционная проверка присутствия радиостанции в зоне действия системы в любом цифровом режиме;
- дистанционное аудиопрослушивание обстановки рядом с любой радиостанцией во всех цифровых режимах;
- возможность организации групп, состоящих из транкинговых и конвенциональных радиоабонентов;
- единая сквозная транспортная среда для сигналов управления и информационных сигналов (речь, данные) на базе стека протоколов TCP/IP, в том числе по потоку Е1;
- возможность использования IP-каналов связи ИМТС ОВД, построенных на базе Ethernet-сетей с использованием протоколов TCP/IP, для передачи абонентского трафика и служебной информации между базовыми станциями, АРМ диспетчера, администратора и центра управления и коммутации в любом цифровом режиме;
- пакетная передача данных между абонентскими радиостанциями в любом цифровом режиме;
- канальная передача данных между абонентскими радиостанциями в любом цифровом режиме;
- пакетная передача данных между абонентскими радиостанциями и стационарными серверами информационных систем (базами данных), взаимодействующих с центром управления и коммутации на основе стека протоколов TCP/IP в любом цифровом режиме;
- возможность передачи и приёма сообщений (речевых сообщений, данных, команд управления), несущих информацию, преобразованную по алгоритму шифрования ГОСТ 28147-89 с длиной ключа до 55 бит, в любом цифровом режиме;
- доступ радиоабонентов транкинговой радиосети в базы данных органов внутренних дел, серверы которых взаимодействуют

- с центром управления и коммутации на основе стека протоколов ТСР/IP;
- взаимодействие радиоабонентов с абонентами УПАТС (ограниченный выход на ведомственную телефонную сеть) в цифровом транкинговом режиме;
 - взаимодействие радиоабонентов транкинговой радиосети с радиоабонентами существующих конвенциональных радиосетей органов внутренних дел в УВЧ и ОВЧ диапазонах;
 - запись, архивирование с хранением не менее одного месяца и возможностью воспроизведения информации всех сеансов связи в радиосетях во всех режимах работы;
 - возможность дистанционной диагностики оборудования во всех режимах работы;
 - автоматический переход оборудования на резервное электропитание при пропадании основного и обратно во всех режимах работы;
 - диапазон рабочих радиочастот базовых радиостанций 148–172 МГц, 450–463 МГц;
 - шаг сетки рабочих частот 12,5 кГц в любом цифровом режиме работы;
 - шаг сетки рабочих частот 25,0 и 12,5 кГц в любом конвенциональном режиме работы;
 - передачу и декодирование субтональных сигналов формата CTCSS и кодов DCS нормальной и инверсной полярности в конвенциональном режиме работы;
 - возможность программирования при работе в аналоговом режиме различных субтонов CTCSS по передаче и приему, различных кодов DCS по передаче и приему, субтона CTCSS по передаче и кода DCS по приему, кода DCS по передаче и субтона CTCSS по приему, субтона CTCSS или кода DCS только по передаче, субтона CTCSS или кода DCS только по приему.
6. Возможность дальнейшей модернизации по техническим требованиям заказчика:
- а) экономические требования к оборудованию:*
- 1) оценка соответствия экономических характеристик проводится для всех рассматриваемых образцов (аналогов) имеющегося отечественного и импортного оборудования, которые удовлетворяют техническим, эксплуатационным, санитарно-экологическим и эрго-

номическим требованиям к системе радиосвязи органов внутренних дел. Критерием выбора из имеющихся образцов является соответствие указанным ценам заказчика;

2) гарантийный срок на изделия базового и абонентского оборудования должен быть не менее 2 лет;

б) эксплуатационные требования к оборудованию:

1) возможность измерения основных электрических параметров при помощи контрольно-измерительного оборудования;

2) требования к базовому оборудованию по стойкости к внешним воздействиям и надежности:

— базовое оборудование должно быть рассчитано для длительной работы без ограничения времени в режимах приёма и передачи сигнала (сто процентный рабочий цикл приёмника на приём, сто процентный рабочий цикл передатчика на передачу);

— по стойкости к воздействию механических и климатических факторов все изделия и составные части базового оборудования, кроме антенн, устройств грозозащиты и высокочастотных кабелей, должны удовлетворять требованиям ГОСТ 16019-2001 для группы аппаратуры С 1;

— антенны, устройства грозозащиты и высокочастотные кабели базового оборудования должны удовлетворять требованиям ГОСТ 16019-2001 для группы аппаратуры С 2 по 2-й степени жесткости;

— все изделия и составные части базового оборудования, кроме антенн, устройств грозозащиты и высокочастотных кабелей, должны обеспечивать работу в диапазоне рабочих температур от плюс 5 °С до плюс 55 °С;

— антенны, устройства грозозащиты и высокочастотные кабели должны обеспечивать работу в диапазоне рабочих температур от минус 40 °С до плюс 55 °С;

— базовая станция (совокупность базовых станций, блоков управления, сетевых коммутаторов, размещенных в аппаратном шкафу) должна обеспечивать работу в диапазоне рабочих температур от плюс 5 °С до плюс 40 °С;

— средняя наработка на отказ разрабатываемых изделий базового оборудования должна быть не менее 6000 ч;

— срок службы изделий до списания должен быть:

- не менее 10 лет для БС (без оборудования резервного электропитания и комплекта антенно-фидерного оборудования);
- не менее 5 лет для центрального узла коммутации и управления, АРМ-Д, АРМ-А и оборудования резервного электропитания;
- не менее 5 лет для комплекта антенно-фидерного оборудования;

3) требования к абонентскому оборудованию по стойкости к внешним воздействиям и надежности:

- по стойкости к воздействию механических и климатических факторов стационарные, возимые и носимые радиостанции должны удовлетворять требованиям ГОСТ 16019-2001 по 2-й степени жёсткости для аппаратуры групп С 2 (стационарные), В 4 (возимые) и Н 7 (носимые) соответственно;
- норма предельной повышенной температуры — плюс 60 °С;
- норма свободного падения для носимых радиостанций — 1500 мм;
- стационарные и возимые радиостанции должны обеспечивать работу в диапазоне рабочих температур от минус 40 °С до плюс 55 °С;
- носимые радиостанции должны обеспечивать работу в диапазоне рабочих температур от минус 25 °С до плюс 55 °С;
- носимые радиостанции должны быть защищены от доступа к опасным частям проволокой диаметром 1 мм и пыленепроницаемы, защищены от воздействия воды (герметичны) при временном (непродолжительном) погружении в воду. Степени защиты носимых радиостанций от доступа к опасным частям, от попадания внешних твёрдых предметов и от проникновения воды должны соответствовать коду IP 67 по ГОСТ 14254-96;
- возимые радиостанции должны быть защищены от доступа к опасным частям, от пыли (пыль не должна проникать в количестве, достаточном для нарушения нормальной работы приёмопередатчика или снижения его безопасности), от воздействия воды, направляемой в виде струй с любого направления. Степени защиты возимых радиостанций от доступа к опасным частям, от попадания внешних твердых предметов и от проникновения воды должны соответствовать коду IP 55 по ГОСТ 14254-96;

— средняя наработка на отказ разрабатываемых изделий блоков должна быть не менее 8000 ч;

— срок службы изделий до списания должен быть:

- не менее 6 лет для носимых радиостанций;
- не менее 7 лет для возимых радиостанций;
- не менее 8 лет для стационарных радиостанций;

в) санитарно-экологические требования к оборудованию:

Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 13 марта 2003 г. № 18 «О введении в действие санитарных правил и нормативов СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03» [16] введены Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи.

Санитарные правила устанавливают гигиенические нормативы и санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации и размещению средств подвижной радиосвязи диапазона частот 27–2400 МГц, включая абонентские станции. Требования санитарных правил направлены на защиту от неблагоприятного влияния на здоровье человека электромагнитных полей, которые генерируются подвижными и базовыми станциями сухопутной радиосвязи. Производство, закупка, реализация и эксплуатация каждого отдельного вида средств сухопутной подвижной радиосвязи и их оборудования осуществляется только при наличии необходимого сертификата соответствия, согласно санитарно-эпидемиологическим нормам.

Предельно допустимые значения уровня плотности потока энергии электромагнитных полей (ЭМП) в диапазоне частот от 300 МГц до 2400 МГц, создаваемые антеннами базовых станций на территории жилой застройки, внутри жилых, общественных и производственных помещений, не должны превышать 10 мкВт/см².

В отечественных нормативных документах нормирование ЭМП производится отдельно для производственного персонала и населения. При этом учитывается, что население может облучаться круглосуточно, а производственный персонал может попадать в ЭМП только в течение рабочей смены на производстве — 8 часов.

Предельно допустимая величина энергетической нагрузки для производственного персонала равна 200 мкВт•ч/см², пиковое значение плотности потока энергии не должно превышать 1000 мкВт/см².

Для абонентских устройств радиосвязи существующие санитарные правила устанавливают временные допустимые уровни воз-

действия на человека ЭМП, создаваемого подвижными станциями сухопутной радиосвязи непосредственно у головы пользователя. Временные допустимые уровни электромагнитных полей в диапазоне частот от 300 до 2400 МГц не должны превышать 100 мкВт/см².

Эксплуатация подвижных станций сухопутной радиосвязи допускается только при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии санитарным правилам. Контроль уровней напряженности электрического поля и плотности потока энергии ЭМП, создаваемых подвижными станциями, осуществляется на этапе выдачи санитарно-эпидемиологического заключения на продукцию;

з) эргономические требования к оборудованию:

Системы оперативной радиосвязи ОВД обеспечивают обмен информацией между абонентами, при этом абонент является не только пользователем, но и оператором процесса обмена. При выборе конкретного оборудования радиосвязи необходимо исключить опасную практику игнорирования проблем взаимодействия между человеческими и техническими подсистемами, что влечет за собой риск возникновения непредвиденной ситуации. Необходимо обеспечивать минимальную вероятность ошибок человека-оператора из-за неудобств пользования инфраструктурным и (или) абонентским оборудованием радиосвязи.

Оборудование радиоцентров должно быть размещено в металлических шкафах, обеспечивающих удобный доступ к органам управления.

Программное обеспечение центров коммутации и управления и АРМ должно иметь дружелюбный пользовательский интерфейс и обеспечивать простоту использования для реализации управления системой радиосвязи как в условиях повседневной деятельности, так и в чрезвычайных ситуациях. Пользовательский интерфейс должен быть адаптирован для работы в среде Windows и позволять дистанционно управлять всеми функциями по сети Ethernet.

АРМ диспетчеров должны быть укомплектованы мониторами с размером экрана по диагонали 22–24 дюйма, разрешением не менее 1920×1080, иметь светодиодную (LED) подсветку, яркость не менее 200 кд/м².

Абонентская радиостанция должна удобно располагаться в руке, обеспечивать простоту и удобство в эксплуатации. Абонентское оборудование за счёт использования более тяжелых и прочных ма-

териалов в конструкции обеспечит высокую надёжность, однако станция будет из-за своих размеров плохо лежать в руке пользователя либо (в случае крепления к одежде) мешать движениям из-за своих габаритов или веса, то есть в конечном счёте может помешать сотруднику выполнять свои основные обязанности в экстремальной ситуации. Следовательно, абонентское оборудование должно быть максимально удобным в использовании при условии обеспечения требуемого уровня надёжности.

Станция должна обеспечивать высокое качество цифрового звукового сигнала даже при сильном фоновом шуме.

С точки зрения эргономических критериев, радиостанции для большинства сотрудников органов внутренних дел должны быть максимально простыми — без клавиатур, без дисплеев (в крайнем случае с очень упрощённым дисплеем, индицирующим номер канала и другие необходимые сведения). Приведение в режим «боевой готовности» должно занимать минимальное время. Регулировки громкости и другие минимально необходимые органы управления должны быть выполнены в виде удобных вращающихся ручек и простых переключателей, а не реализовываться выбором пунктов меню. При этом также отпадает необходимость в LCD-экранах, имеющих недостаточную надёжность в условиях низких температур, а также невысокую механическую прочность.

Блокировка клавиатуры должна позволять пользователям блокировать отдельные кнопки на своих радиостанциях для предотвращения их случайного нажатия.

Механизм крепления аккумулятора должен гарантировать, что он не отвалится при падении радиостанции.

У пользователя не должно быть возможности самому перепрограммировать станцию (случайно или преднамеренно).

Для ношения носимой рации под одеждой (для более длительной работы аккумулятора в зимнее время), а также для скрытого ношения применяются гарнитуры и манипуляторы с соответствующими требованиями к эргономике.

Для возимой радиостанции должна быть обеспечена возможность подключения выносной панели управления и полнофункциональной выносной тангенты, что позволяет устанавливать радиостанцию в местах, где требуется скрытность установки или ограничено пространство;

д) требования к оборудованию по позиционированию подвижных объектов с использованием системы ГЛОНАСС:

В любую систему мониторинга должны входить диспетчерский центр и терминальные устройства (в качестве которых могут использоваться возимые и носимые радиостанции с встроенным модулем позиционирования), которые обеспечивают между собой связь через сеть космических спутников, а с помощью специального программного обеспечения на диспетчерском центре позволяют отображать месторасположение и направление движения терминального устройства.

В полицию систему внедрили с целью обеспечения централизованного управления дежурными нарядами, задействованными в системе единой дислокации и координации их действий. Встроенные средства спутниковой навигации ГЛОНАСС позволяют использовать радиостанции для отслеживания перемещений должностных лиц и транспортных средств.

До недавнего времени для этих целей в качестве базовой навигационной системы использовалась американская глобальная система позиционирования GPS (Global Positioning System). Однако в целях обеспечения национальной безопасности и в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 17 мая 2007 г. № 638 «Об использовании глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах социально-экономического развития Российской Федерации» федеральным органам исполнительной власти разрешено использовать только оборудование ГЛОНАСС или совмещённое ГЛОНАСС/GPS [17].

Оборудование, применяемое в системе радиосвязи органов внутренних дел и обеспечивающее позиционирование подвижных объектов с использованием системы ГЛОНАСС должно соответствовать общим тактико-техническим требованиям, утверждённым приказом МВД России от 31 декабря 2008 г. № 1197 «Об утверждении и использовании общих тактико-технических требований к спутниковым навигационно-мониторинговым системам для ОВД РФ и ВВ МВД России» [17].

Требования данного документа распространяются только на спутниковые навигационно-мониторинговые системы, предназначенные для контроля и управления наземным служебным транспортом органов внутренних дел Российской Федерации. Согласно приказу, бортовое оборудование должно обеспечивать:

— передачу информации по каналам конвенциональной радиосвязи с использованием УКВ-радиостанций, принятых на снабжение в МВД России;

— поддержку цифровых транковых сетей.

Бортовое оборудование должно обеспечивать выполнение следующих основных функций:

— определение навигационных параметров по сигналам системы ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS;

— определение местоположения каждого из обслуживаемых транспортных средств (ТС) и отображение его на электронной карте с предельной погрешностью (при доверительной вероятности 0,997) не более ± 30 м;

— передачу навигационных параметров в центр мониторинга (ЦМ) и (или) их запись во внутреннюю энергонезависимую память через заданный оператором ЦМ промежуток времени (от 1 до 3600 с.), расстояния (от 10 до 1000 м), угла поворота (от 10 до 180 град.);

— ежесекундный подсчет пробега ТС, а также его передачу в ЦМ и сохранение в энергонезависимой памяти;

— прием и выполнение команд, поступающих из ЦМ.

Все сообщения, передаваемые бортовым оборудованием в ЦМ, должны быть синхронизированы со временем в координированной шкале времени UTC (SU) (Coordinated Universal Time — универсальное координированное время в данном часовом поясе, UTC (SU) — шкала времени Государственного эталона частоты и времени России) с погрешностью не более 0,01 с. При отсутствии приема сигнала с навигационных спутников должна быть предусмотрена возможность работы от внутренних часов (время работы от внутренних часов — не менее 24 ч);

е) требования к оборудованию по обеспечению связи в трансграничных зонах:

Для обеспечения временных зон покрытия за пределами действия базовых станций цифровой радиосети (обеспечения связи в трансграничных зонах), в том числе для оперативного развертывания системы радиосвязи в условиях неподготовленной инфраструктуры, при проведении оперативных мероприятий вне населенных пунктов и т.п., в состав оборудования должны входить мобильные цифровые ретрансляторы в носимом (в виде чемодана с автономным питанием) или возимом (смонтированном на базе автомобиля) исполнении.

- При этом мобильная радиосеть должна обеспечивать:
- создание независимых цифровых транкинговых групп абонентов в локальной зоне покрытия;
 - зону покрытия до 10 км на носимую и до 30 км на автомобильную радиостанцию;
 - возможность шифрования переговоров;
 - индивидуальные вызовы между абонентами;
 - передачу/прием статусных сообщений;
 - передачу данных;
 - удаленный контроль абонентских радиостанций.

2.8. Требования к типовым схемам организации радиосвязи для территориальных органов МВД России

Схемы организации радиосвязи для территориальных органов МВД России могут иметь значительные различия в зависимости от количества и численности подразделений территориальных органов внутренних дел конкретного региона, его географических особенностей, сложившейся схемы административно-территориального деления и пр. Однако при построении любой сети цифровой радиосвязи в той или иной степени целесообразно использование решений, характерных для типовых схем организации радиосвязи.

Структурно-цифровая система радиосвязи является взаимосвязанной организационно, технически и логически единой сетью, обеспечивающей радиосвязью структурные подразделения УМВД России, функционирующие на территории субъекта Российской Федерации.

На этапе проектирования должен быть решен вопрос о типе сети. Построение конвенциональной сети оправданно, если на сайтах менее четырех каналов. Транкинговые радиосистемы способны использовать каналы более эффективно, если их более четырёх на каждом сайте.

Функционально цифровая система радиосвязи должна строиться как совокупность следующих взаимосвязанных составных частей:

а) Центр радиосвязи (далее — ЦРС) Министерства внутренних дел республик, Центр радиосвязи Управлений (Главных управле-

ний) Министерства внутренних дел Российской Федерации по областям (краям) — главное диспетчерское место.

В ЦРС необходимо установить центральное коммутационное оборудование и оборудование управления, рабочее место оператора и локальное рабочее место диспетчера ЦРС МВД Республик, УМВД России по областям (краям).

Окончательное место установки центра радиосвязи определяются на этапе предварительной проработки и проектирования системы.

Количество и адресация стыков по подключению конвенциональных сетей районов определяется на этапе предварительной проработки и проектирования системы;

б) радиоцентры (далее — РЦ):

— РЦ № 1 — адрес;

— РЦ № 2 — адрес и т.д.

Окончательно места установки РЦ, их количество и канальность определяются и согласовываются с заказчиком на этапе предварительной проработки и проектирования системы.

Типовой радиоцентр (сайт) представляет собой совокупность нескольких ретрансляторов (базовых станций), работающих на одну антенну. Типовой сайт должен иметь модульную конструкцию и обеспечивать:

— режим работы оборудования — круглосуточный, необслуживаемый;

— грозозащиту;

— резервирование электропитания;

— возможность автономной работы при обрыве линий связи между БС и центром коммутации;

— групповые и индивидуальные радиовыводы;

— связь радиоабонентов с ведомственной телефонной сетью;

— удалённую диспетчеризацию и управления оборудованием системы радиосвязи;

в) центры управления и диспетчеризации (далее — ЦУД):

— ЦУД № 1;

— ЦУД № 2 и т.д.

Количество автоматизированных рабочих мест операторов радиосвязи для каждого ЦУД уточняется в процессе проектирования.

В каждом из центров управления и диспетчеризации должна быть предусмотрена установка не менее одного стационарного дис-

петчерского терминала. Конкретные адреса установки диспетчерских мест и их размещение внутри зданий требуется согласовать на этапе проектирования;

г) цифровые абонентские станции:

— стационарные — шт.;

— возимые — шт.;

— носимые упрощенного функционала (бесклавиатурные) — шт.;

— носимые с клавиатурой и дисплеем — шт.

Также должны быть определены требования ко всем абонентским станциям (или части станций) по необходимости обеспечения:

— маскирования информации в соответствии с ГОСТ 28147-89;

— позиционирования подвижных объектов с использованием системы ГЛОНАСС.

Окончательное количество цифровых абонентов, а также количество и порядок разделения на группы определяются и согласовываются с заказчиком в процессе проектирования;

д) опорная транспортная сеть.

В качестве каналов связи для подключения центра радиосвязи к радиоцентрам и ЦУД предпочтительно использовать ЛВС, ИМТС МВД республик, УМВД России по областям (краям) и каналы ЕИТКС.

В случае необходимости допускается использование арендованных каналов связи.

Помещения и антенные площадки для размещения оборудования ЦРС определяются в ходе проектирования. Предпочтения отдаются зданиям и сооружениям органов и подразделений МВД России или иным, находящимся в государственной собственности.

Радиоцентры размещаются автономно, в приоритетных точках по высоте над уровнем моря.

2.8.1. Особенности организации сетей связи для территориальных органов МВД России на базе оборудования DMR

При построении системы радиосвязи в интересах территориальных органов МВД России на базе оборудования DMR необходимо учесть, что данный стандарт обеспечивает возможность:

— плавного перехода на частотах, которые ранее использовались для аналоговой связи в рамках имеющегося у МВД России ча-

стотного ресурса, с аналоговой связи на цифро-аналоговую и впоследствии на цифровую радиосвязь без потери функционала и использования существующего парка аналоговых станций до полной выработки ими эксплуатационного ресурса. При этом ёмкость системы за счет применения TDMA увеличивается вдвое и экономится частотный ресурс;

- построения систем различного масштаба, от простых конвенциональных до многозоновых транкинговых;
- организации связи в малонаселённых районах путем установки ретрансляторов диапазона ОВЧ (радиус действия до 50 км);
- использования унифицированного абонентского парка. Стандарт DMR является открытым стандартом, что позволяет использовать абонентское оборудование разных производителей без ущерба для основного функционала и качественных показателей;
- для организации внутрисистемных линий связи (межсайтовые соединения, удаленные объекты связи и прочее) в сетях УКВ-радиосвязи стандарта DMR применяются общепринятые, широко распространенные в органах внутренних дел, интерфейсы (E1, G703, IP), что позволяет использовать существующие ресурсы ЕИТКС.

В настоящее время российские поставщики оборудования предлагают различные решения и строят конвенциональные и транкинговые системы радиосвязи в интересах ОВД МВД России на радиоборудовании стандарта радиосвязи DMR. При этом реализуются следующие варианты построения систем радиосвязи с использованием цифрового стандарта DMR:

а) конвенциональная аналоговая или цифровая радиосвязь через ретранслятор в цифровом режиме (два независимых канала связи на одной дуплексной частоте). Данная схема связи позволяет вести одновременный радиообмен по двум независимым каналам через одну дуплексную пару частот в радиусе десятков километров от ретранслятора (зависит от высоты установки антенны ретранслятора);

б) через ретранслятор в многозоновом режиме (дублирование сообщения на всех связанных ретрансляторах в соответствующем канале). Данная схема связи позволяет вести одновременный радиообмен по двум или более (зависит от количества ретрансляторов на базовой станции) независимым каналам в каждой зоне радиопокрытия базовых станций;

в) объединение с аналоговыми каналами в многозоновом цифровом режиме (дублирование сообщения с аналогового канала в один из цифровых с передачей его по сети остальным ретрансляторам, и наоборот, второй канал в распоряжении цифровых абонентов). Данная схема связи позволяет вести одновременный радиообмен по двум или более (зависит от количества ретрансляторов на базовой станции) независимым цифровым и аналоговым каналам в каждой зоне радиопокрытия базовых станций;

г) конвенциональная сеть с использованием ретрансляторов в виде линейной схемы.

Такая схема может быть использована вдоль автомобильных дорог и железнодорожных путей. В такой схеме частоты могут чередоваться. Необходимо лишь обеспечить различные частоты в зонах наложения;

д) транкинговая система радиосвязи стандарта DMR Tier III.

Основные преимущества транкинговой системы стандарта DMR Tier III:

- решения базируются на сетях IP с невысокими требованиями к полосе пропускания каналов;
- эффективное использование частотного ресурса;
- гибкость построения системы. Устройства и компоненты в существующей системе связи легко могут быть перераспределены в любые точки сети;
- масштабируемость системы. В случае необходимости система легко может быть расширена;
- через сайты транкинговой системы реализован автоматический роуминг всех зарегистрированных абонентов;
- система предоставляет большой выбор сервисов DMR для абонентских радиостанций.

Глава 3.

ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕТЕЙ РАДИОСВЯЗИ

3.1. Основы технической эксплуатации цифровых систем радиосвязи

3.1.1. Организация систем технической эксплуатации и управления

Создаваемые в настоящее время системы связи ОВД отличаются усложнением элементной базы аппаратуры, ростом числа образуемых типовых каналов и групповых трактов в системе, увеличением числа промежуточных усилителей и регенераторов и т.д. Усложнение аппаратуры и системы связи ОВД в целом обуславливает необходимость повышения гарантии стабильности надежности, заложенной в процессе её разработки и изготовления, а также стабильности качества каналов и трактов, заложенных при проектировании, строительстве и монтаже систем передачи. Эти обстоятельства определили потребность в изучении методов технической эксплуатации систем связи и усовершенствовании её теории и техники.

Термин «эксплуатация» означает стадии жизненного цикла какого-либо изделия, аппаратуры, системы, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество [18].

Процесс эксплуатации, его закономерности, характеристики, методы организации и осуществления являются предметом изучения относительно новой области науки — *теории эксплуатации*.

Термин «*техническая эксплуатация*» означает часть эксплуатации, включающую транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт изделия — технического устройства, аппаратуры и т.д.

Транспортирование — это перемещение элементов системы передачи в заданном состоянии с применением транспортных и грузоподъемных средств, начинающееся с погрузки и кончающееся разгрузкой на месте назначения.

Хранение — содержание неиспользуемого по назначению элемента системы в заданном состоянии в отведенном для его разме-

щения месте с обеспечением сохранности в течение определенного срока. Обычно хранению подлежат резервные (запасные) элементы — отдельные функциональные блоки аппаратуры, измерительные приборы и др.

Техническое обслуживание — целый комплекс операций по поддержанию исправности системы или его элементов при использовании их по назначению. Таким же ёмким является термин «ремонт». **Ремонт** — комплекс операций по восстановлению исправности системы или ее элементов.

Для осуществления процессов эксплуатации требуются соответствующие средства, называемые **средствами эксплуатации**. Под ними подразумеваются сооружения, технические устройства, в том числе инструменты, запасные блоки и узлы аппаратуры, эксплуатационные материалы, необходимые для эксплуатации систем передачи.

Как процесс эксплуатация характеризуется следующими временными понятиями:

начало эксплуатации — момент ввода системы (аппаратуры) в эксплуатацию;

снятие с эксплуатации — событие, фиксирующее невозможность или нецелесообразность дальнейшего использования по назначению и ремонта системы (аппаратуры) и документально оформленное в установленном порядке;

конец эксплуатации — момент снятия с эксплуатации. Другие важные понятия теории технической эксплуатации будут рассмотрены в последующих главах.

Системы связи ОВД относятся к категории сложных систем. Их главной особенностью как объекта эксплуатации является рассредоточенность элементов на расстояния, исчисляемые десятками, сотнями и тысячами километров. При этом трасса может быть проложена по местностям с различным рельефом (равнинный, горный, пустынный и т.п.). Трасса может проходить через водоемы разных размеров. Все это обуславливает определенные требования, предъявляемые к техническому обслуживанию линейных и станционных элементов.

Построение каналобразующей аппаратуры и многообразие видов передаваемой информации требуют использования широкого ассортимента приборов, предназначенных для измерения пара-

метров и характеристик каналов с различной шириной спектра частот и скоростью передачи сигналов.

Контроль — это процесс установления соответствия между состоянием объекта контроля и заранее заданной нормой. Контроль может производиться путем восприятия параметров объекта или сопоставлением текущего.

Усложнение оборудования систем передачи (СП), рост их пропускной способности, увеличение числа каналов и фактов, исчисляющихся сотнями тысяч, внедрение в механизм их функционирования информационных технологий определяют требования к организации их эксплуатации.

Совокупность организационно-технических мероприятий и информационно-программных средств, направленных на достижение максимального эффекта от функционирования оборудования систем и линий передачи на этой стадии жизненного цикла, образует систему технической эксплуатации (ТЭ). Процесс эксплуатации осуществляется человеком путем прямого или косвенного воздействия на объект технической эксплуатации (далее — ОТЭ). В процессе ТЭ оборудования осуществляется множество эксплуатационных операций, которые выполняются обслуживающим или техническим персоналом.

Применительно к системе связи теория эксплуатации решает задачи оптимизации работ по приведению оборудования в рабочее состояние, достижения максимальных значений показателей качества функционирования: коэффициента готовности, коэффициента исправного действия, коэффициента технического использования. Она определяет влияние дестабилизирующих факторов (окружающей среды, различного вида излучений и механических воздействий, электрических нагрузок, процессов старения и износа и т.п.) на технические характеристики и параметры оборудования систем и линий передачи и организованных на их основе каналов и трактов. Теория ТЭ позволяет выявить оптимальные условия функционирования, оценить эффективность рекомендованных мероприятий по его техническому обслуживанию, определить эксплуатационно-технические параметры по статистическим данным, обоснованно выбрать эксплуатационные мероприятия и реализовать предложения по повышению показателей надежности. Основными понятиями теории ТЭ являются:

- условия эксплуатации — совокупность факторов, действующих на оборудование СП. К условиям эксплуатации относятся: климатические условия, механические и электрические нагрузки, квалификация обслуживающего персонала, метрологическое обеспечение, состояние запасных частей и приборов (ЗИП) и т.д.;
- режим работы — совокупность значений эксплуатационных параметров оборудования СП при использовании его по назначению. К режимам работы относятся: нагрузка групповых и линейных трактов сигналами различных видов сообщений, выделение, пере приём и транзит цифровых потоков различных иерархий, условия работы регенерационных пунктов, система резервирования трактов и секций и др.;
- средства эксплуатации — совокупность сооружений, технических устройств, контрольно-измерительной аппаратуры, запасных блоков и узлов аппаратуры, эксплуатационных материалов и инструментов, необходимых для эксплуатации оборудования СП и его элементов;
- техническое обслуживание (ТО) — комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности ОТЭ при его использовании по назначению в течение всего срока службы.

Техническая эксплуатация — основной вид производственной деятельности предприятий электросвязи, реализуемый через систему технической эксплуатации. Оператор ТЭ представляет собой совокупность методов и алгоритмов технического обслуживания, которые обеспечивают организацию и поддержание в требуемых пределах установленных норм любого объекта технической эксплуатации.

Основной целью технической эксплуатации является минимизация как случаев возникновения, так и влияния отказов с тем, чтобы в случае отказа персонал мог быть направлен для устранения неисправностей с соответствующим оборудованием, имея информацию для проведения ремонтных работ [20].

Техническая эксплуатация производится:

- при вводе в эксплуатацию (паспортизация);
- поддержании в состоянии исправности в процессе эксплуатации (техническое обслуживание);
- восстановлении работоспособности (ремонтно-настроечные и ремонтно-восстановительные работы).

Процесс технической эксплуатации включает в себя:

- измерение рабочих характеристик;
- обнаружение отказов;
- сигнализацию об отказах и рабочих характеристиках;
- резервирование;
- восстановление работоспособности;
- проверку (после восстановления).

Рекомендуются следующие методы ТО:

- профилактическое техническое обслуживание (ПТО), выполняемое через определенные временные интервалы или в соответствии с заранее установленными критериями и направленное на своевременное предупреждение возможности появления отказа или ухудшения функционирования ОТЭ;
- корректирующее техническое обслуживание (КТО), выполняемое после обнаружения состояния неработоспособности ОТЭ и направленное на его восстановление в состояние, когда параметры качества ОТЭ находятся в пределах установленных допусков;
- управляемое техническое обслуживание (УТО), выполняемое путем систематического применения методов анализа состояния ОТЭ с использованием средств контроля рабочими характеристиками ОТЭ, управления качеством передачи и устранением неисправностей и направленное на сведение к минимуму профилактического технического обслуживания и сокращение корректирующего технического обслуживания.

Профилактическое техническое обслуживание включает:

- периодический эксплуатационный контроль;
- плановые измерения рабочих характеристик и РНР;
- плановую замену компонентов аппаратуры;
- текущее обслуживание оборудования и аппаратуры.

Корректирующее техническое обслуживание включает:

- непрерывный эксплуатационный контроль;
- эпизодический эксплуатационный контроль;
- оперативно-технический контроль;
- РВР и РНР;
- измерение рабочих характеристик.

Управляемое техническое обслуживание включает:

- непрерывный эксплуатационный контроль;

- оперативно-технический контроль;
- операции управления и переключения на резерв.

Система технической эксплуатации (СТЭ) как совокупность методов и алгоритмов технического обслуживания ОТЭ, программно-технических средств и технического персонала должна обеспечить функционирование ОТЭ с требуемыми показателями качества и эффективности.

Роль технического персонала в СТЭ состоит в следующем:

- обеспечение бесперебойной и высококачественной работы оборудования СП во всем его многообразии;
- передача всех видов сообщений с установленным качеством;
- содержание аппаратуры систем и линий передачи, каналов, трактов и соответствующих им сервисных устройств в исправном состоянии и в пределах норм и требований к параметрам и характеристикам, установленным нормативно-технической документацией (НТД);
- совершенствование метрологического обеспечения всего эксплуатационного процесса;
- проведение мероприятий по защите линий передачи и линейных трактов от внешних воздействий, взаимных и внешних влияний;
- локализация и оперативное устранение аварий, отказов, повреждений, возникающих в оборудовании систем и линий передачи;
- организация и проведение работ по паспортизации оборудования, каналов, трактов в соответствии с действующими положениями, нормами и инструкциями;
- определение эксплуатационных характеристик и показателей, позволяющих количественно оценить качество ТЭ объекта;
- обоснованное определение объема и содержания мероприятий, проводимых на различных этапах ТЭ;
- внедрение новых технологических приемов и методов в техническом и профилактическом обслуживании ОТЭ;
- исследование факторов, снижающих эффективность и качество ТЭ, разработка и реализация комплексной программы управления качеством связи и повышения экономических показателей, существующих и создаваемых ОТЭ;
- строгое соблюдение правил техники безопасности при выполнении работ по профилактическому, техническому обслуживанию и ремонту ОТЭ, комплексное исследование экономических,

- эргономических и экологических вопросов ТЭ и внедрение их результатов в практику;
- разработка методов и средств автоматизации технологических процессов ТЭ;
 - своевременное представление заявок на оборудование, измерительные приборы, материалы, инструменты, инвентарь, обеспечивающих качественную эксплуатацию оборудования;
 - разработка и построение сети технической эксплуатации;
 - должное ведение технической документации, проведение учета и анализа качества работы оборудования, каналов и трактов;
 - разработка научно обоснованной методики обучения технического персонала приёмам и методам оперативного обслуживания оборудования каналов и трактов.

Совокупность работ по управлению, предусмотренных оперативно-технической документацией, образует систему оперативно-технического управления (далее — СОТУ).

Основными задачами СОТУ являются: обеспечение бесперебойной и качественной передачи сообщений по каналам и трактам СП, контроль состояния соответствующего участка первичной сети и принятие решений по изменению топологии при авариях линий передачи. Они определяют функциональные обязанности СОТУ, основными из которых являются:

- организация сбора информации о техническом состоянии ОТЭ, её обработка, анализ;
- обеспечение экстренной передачи информации о состоянии ОТЭ между соответствующими службами и подразделениями эксплуатационного предприятия в виде цифровых кодограмм;
- выработка и выдача команд техническому персоналу соответствующего предприятия на проведение настроечных и ремонтных работ по обеспечению требуемых показателей надёжности, качества и эффективности функционирования оборудования, контроль выполнения этих работ;
- оповещение узлов связи и пользователей (предприятий вторичной сети) о неисправности каналов и трактов и восстановлении их нормального функционирования;
- планирование профилактических изменений и настроечных работ, выдача разрешений предприятиям первичной сети на unplanned измерения и выключения каналов и трактов для произ-

водства ремонта, настройки и т.д. и осуществление контроля проведения различного вида профилактических и ремонтных работ и своевременного включения каналов и трактов в работу;

- анализ простоев оборудования СП, каналов и трактов и разработка предложений по повышению их эксплуатационной надежности.

Система оперативно-технического управления реализуется в виде совокупности программно-технических средств и технического персонала, обеспечивающих функционирование систем и линий передачи, типовых каналов и трактов как составляющих первичной сети при любых изменениях их состояния, сокращения времени восстановления ОТЭ. СОТУ обеспечивает эффективное взаимодействие с вторичными сетями и широким кругом различных пользователей (арендаторов каналов и трактов).

Оперативно-техническое обслуживание является второй составляющей технической эксплуатации, включающей в себя работы по поддержанию и восстановлению исправности и работоспособности ОТЭ, показателей надежности и параметров каналов и трактов в пределах, установленных НТД. Интегральное функционирование этой составляющей технической эксплуатации реализуется в форме технического обслуживания.

Комплекс взаимосвязанных положений, норм, руководящих технических материалов, инструкций, определяющих организацию и проведение работ по ТО для заданных условий эксплуатации с целью обеспечения показателей качества функционирования каналов и трактов, предусмотренных оперативно-технической документацией, образует систему оперативно-технического обслуживания (СОТО). Эта система предусматривает проведение расширенного вида операций и работ, основными из них являются:

- вспомогательные операции — комплекс работ по подготовке контрольно-измерительных приборов, инструментов и рабочего места для проведения работ по ТО;
- технические осмотры — комплекс работ, направленных на проверку соответствия параметров и характеристик ОТЭ НТД, правильности ведения различного вида эксплуатационной документации укомплектованности ЗИП и т.д.;
- контрольно-проверочные работы, проводимые с целью измерения и контроля технических параметров ОТЭ;

- регулировочные и настроечные работы, необходимые для доведения параметров каналов, трактов, блоков, узлов, комплексов до значений, установленных НТД;
- профилактические работы, направленные на повышение показателей надежности ОТЭ путем своевременного предупреждения отказов диагностированием состояния ОТЭ и прогнозированием отказов;
- ремонтные работы, выполняемые с целью устранения выявленных и потенциальных отказов оборудования ОТЭ.

В процессе технической эксплуатации состояние ОТЭ меняется, другими становятся и показатели качества и эффективности функционирования. Следовательно, СОТО — это комплекс работ по управлению техническим состоянием ОТЭ.

3.1.2. Стратегии технического обслуживания

Система правил управления техническим состоянием оборудования в процессе ТО называется стратегией технического обслуживания. Различают две стратегии ТО — по наработке и по состоянию.

Стратегия ТО по наработке (далее — ТОН) — система правил управления техническим состоянием, для которой перечень и периодичность выполнения операций и работ зависят от значения наработки ОТЭ в начале эксплуатации или после ремонта. При этой стратегии для однотипного оборудования предусматриваются единые перечень и периодичность операций ТО, в том числе замена элементов с определенной наработкой независимо от фактической потребности в них каждого объекта. Эта стратегия применяется для элементов оборудования СП, имеющих тенденцию к существенному росту интенсивности потока отказов после определенной наработки (лазерные диоды, лавинные фотодиоды и т.п.). Составляющими процесса стратегии ТОН являются:

- вывод элемента (блока, стойки) из функционального использования;
- диагностирование и контроль для определения технического состояния объекта, когда устанавливается место отказа или повреждения;
- замена элементов и проведение других восстановительных работ;
- настройка и регулировка оборудования и его контроль на соответствие НТД;

— монтаж и проверка объекта перед функциональным использованием.

При такой стратегии на ТО может попасть работоспособное оборудование, но имеющее повреждения, грозящие перейти в отказ, а также неработоспособное, но еще функционирующее.

Стратегия ТО по состоянию (далее — ТОС) характеризуется тем, что перечень и периодичность операций по ТО, в том числе замена ОТЭ или его элементов, назначаются по результатам контроля технического состояния каждого элемента ОТЭ. Замена, регулировка, настройка, текущий ремонт назначаются при обнаружении неработоспособного или предотказового состояния.

Применение стратегии ТОС целесообразно только при реализации высокой степени безотказности и контроле пригодности ОТЭ (наработки до отказа). Обязательным условием применения стратегии ЮС является отсутствие последствие отказа при его возникновении. Если отказ может вызвать аварию с серьезными последствиями, то стратегию ТОС применять нельзя. Всем этим условиям в полной мере отвечает оборудование транкинговых ЦСП.

Основными операциями стратегии ТОС являются:

- контроль технического состояния ОТЭ на месте его функционального использования;
- определение объема и содержания работ по ТО (настройка, регулировка на месте использования; перевод в режим ГО при обнаружении отказа или предотказового состояния, диагностирование с целью локализации места повреждения и его устранения);
- контроль состояния ОТЭ после восстановления на соответствие НТД;
- монтаж и поверка перед функциональным использованием.

Сравнительный анализ двух стратегий ТО может быть выполнен путем вычисления и сравнения значений коэффициента технического использования.

Пусть известны следующие показатели ОТЭ: T_0 — наработка на отказ; T_{70} — период его ТО; τ_{70} — время ТО; τ_e — время восстановления в случае возникновения отказа. Вероятность безотказной работы ОТЭ подчиняется экспоненциальному закону.

$$P(t) = \exp(-t/T_0).$$

Тогда при стратегии ТОН коэффициент технического использования

$$K_{ТН1} = \frac{T_0[1 - \exp(-T_{T0} / T_0)]}{(T_0 + \tau_e)[1 - T_{T0}] + \tau_{T0}(-T_{T0} / T_0)}.$$

Для стратегии ТОС при контроле параметров с периодичностью T_{T0} в течение времени контроля $\tau_k \leq T_{T0}$ коэффициент использования

$$K_{ТН2} = \frac{T_0[1 - \exp(-T_{Tj} / T_0)]}{\tau_e[1 - \exp(-T_{T0} / T_0)] + T_{T0} + \tau_k}.$$

При выполнении условий $\tau_k \leq T_{T0}$ и $T_{T0} < T_0$, $K_{ТН2} > K_{ТН1}$.

Техническое обслуживание по состоянию может быть реализовано и в такой модификации: контроль работоспособности осуществляется с периодичностью T_k ; по достижении наработки T_d производится ТО в течение τ_{T0} и при возникновении отказа ОТЭ восстанавливается. Это «смешанная» стратегия, обеспечивающая промежуточное значение коэффициента технического использования.

Опыт организации ТО по различным стратегиям показывает, что стратегия ТОС обладает рядом бесспорных преимуществ перед другими: уменьшение объема работ, снижение числа отказов, экономия и рациональное обеспечение ЗИП за счет уменьшения числа необоснованных замен.

Эффективность стратегии ТОС тем выше, чем полнее решены следующие проблемы:

- выбор минимально необходимого числа контролируемых параметров, несущих достаточную информацию о состоянии оборудования в любой момент; возможно нахождение обобщенного параметра качества и эффективности функционирования ОТЭ;
- обоснование допустимых пределов изменения выбранных для контроля параметров;
- создание технических средств контроля и диагностики ОТЭ, регистрации и оперативной обработки полученной информации;
- разработка алгоритмов математического обеспечения программ ТО по состоянию.

Стратегия ТОС является основной в практике эксплуатации систем передачи на основе СЦИ или систем передачи ПЦИ последнего поколения.

Периодичность мероприятий по ТО оборудования ОТЭ определяется его сложностью, принятой стратегией и методами ТО и назначается по следующим трем принципам:

1. *Календарный принцип*, при котором мероприятия по ТО назначаются по истечении определенного времени (день, неделя, месяц, квартал, полугодие, год) независимо от наработки. Мероприятия, проводимые по этому принципу, называют *профилактическим техобслуживанием* (ПТО), которому соответствует *профилактический метод ТО*.
2. *Временный принцип*, при котором работы по ТО проводятся после достижения ОТЭ заданной в НТД наработки в часах независимо от времени, в течение которого произойдет эта наработка. Работы по ТО, проводимые по этому принципу, называются *регламентными* и чаще всего используются для ОТЭ, отказы которого происходят по причинам износа и старения.
3. *Комбинированный, или смешанный, принцип* ТО, при котором часть работ выполняется через определенные календарные сроки, а другая — в соответствии с наработкой. Соответствующие регламентные работы совмещаются в необходимое время с профилактическими. Такое ТО иногда называют *регламентно-профилактическими работами*.

3.2. Измерения при эксплуатации цифровых систем передачи

Для обеспечения высокого качества передачи информации необходимо, чтобы каналы и тракты СП удовлетворяли определенным требованиям. Влияния искажений и помех на сигналы должны быть практически исключены или сведены к минимуму. Поэтому исключительно важная роль отводится электрическим измерениям параметров и характеристик сигналов и трактов передачи, а также процессам, влияющим на качество передачи.

Измерения осуществляются с помощью технических средств, имеющих нормированные метрологические свойства и обеспечивающих определение численного значения контролируемого процесса (электрического, оптического, электромагнитного и др.). Измерения проводятся с целью:

- исследования статистических особенностей передаваемых сигналов и разрабатываемых трактов передачи для установления соответствующих требований к качеству передачи, проведения настроечных работ;
- подтверждения соответствия электрических характеристик ожидаемым или допустимым значениям.

Электрические характеристики тракта передачи и его составных частей должны соответствовать утвержденным нормам. **Нормами** называются обязательные для выполнения требования к электрическим характеристикам каналов и трактов передачи и их составных частей. Электрические нормы подразделяются на настроечные и эксплуатационные. **Настроечные нормы** обеспечиваются при первоначальной настройке трактов передачи и при профилактических настройках в процессе эксплуатации. **Эксплуатационные нормы** по сравнению с настроечными по некоторым параметрам снижены до обеспечения удовлетворительного качества связи и рассчитаны на период между профилактическими настройками. Эти нормы должны выполняться в любое время.

При проверке норм на электрические параметры каналов и трактов передачи должны использоваться приборы соответствующей точности. Обеспечение высокой точности измерений — одна из главных задач. Так как большинство норм задается на основе статистических данных, то возникает вторая главная задача процессов измерения — обеспечение высокой достоверности проверки статистических норм.

3.2.1. Виды измерений

В практике эксплуатации систем связи по назначению проводятся различные виды измерений. Главными из них являются следующие:

Настроечные измерения, которые проводятся после монтажа аппаратуры. Результаты этих измерений, удовлетворяющие настроечным нормам, заносятся в электрические паспорта, которые свидетельствуют о пригодности каналов и трактов передачи к эксплуатации. Паспорта затем используются в качестве образцов, обличающих процессы контроля и обнаружения неисправностей в тракте передачи [4].

Электрические паспорта составляются на основные и резервные тракты систем передачи (СП) и каналы передачи, организуемые

на магистральных и зонавых линиях. Паспорт на СП или линейный тракт составляется на участок между оконечными станциями линейного тракта. Групповые тракты паспортизируются на данном участке как простые. Паспорт составного группового тракта содержит также электрические параметры каналов ТЧ, организованных в этом тракте. Электрические паспорта на широкополосные каналы (телевизионные, передачи газетных полос и т. д.) составляются между оконечными станциями первичной сети, на которых они организованы.

Контрольные измерения, проводятся с целью проверки электрических параметров каналаобразующей аппаратуры и оценки состояния групповых и линейных трактов. Контрольные измерения каналов ТЧ производятся по двум параметрам: остаточному затуханию и напряжению суммарных помех (шумов) в ЧНН. Измерения выполняются автоматически или вручную.

Профилактические измерения — комплекс проверочных и настроечных работ. Их цель — выявить, соответствуют ли значения параметров каналов и оборудования тем, которые были установлены при введении их в эксплуатацию. Отсутствие соответствия указывает на необходимость выполнения подстройки [4].

Профилактическим измерениям подвергаются линейные тракты и организованные в них групповые тракты и каналы ТЧ, а также резервные линейные тракты. Измерения проводятся периодически (по плану) и по мере необходимости (неплановые), как правило, в периоды наименьшей нагрузки СП (например, в вечерние и ночные часы, воскресные дни). Объем и периодичность плановых измерений зависят от типа СП и условий ее эксплуатации. Они определяются соответствующими инструкциями.

Подробно содержание измерительных работ, проводимых на СП первичной сети, изложено в специальной литературе, инструкциях и руководствах по технической эксплуатации.

3.2.2. Настройка систем связи

Под настройкой системы передачи понимают комплекс работ, проводимых с целью приведения ее технических характеристик и параметров в соответствие с предусмотренными: техническим проектом и нормами на тракты и каналы. Настройка состоит из следующих работ:

- проверки исправности аппаратуры оконечных и промежуточных пунктов, определения ее работоспособности и правильности выполнения монтажа, проверки напряжения источников электропитания и исправности схем защиты и сигнализации, проверки уровней несущих, тактовых и контрольных частот, устранения обнаруженных при этом неисправностей и регулировки (в случае необходимости) узлов аппаратуры для приведения их электрических характеристик к нормам;
- проверки технического состояния линейных устройств, коммутационного оборудования и средств автоматического контроля;
- регулировки усиления и включения необходимых корректоров различного назначения;
- регулировки всех каналов СП и составления паспортов на аппаратуру, тракты и каналы.

Установленный в период настройки режим работы аппаратуры оконечных и промежуточных пунктов контролируется затем в процессе эксплуатации.

Как уже отмечалось, одним из главных элементов в комплексе настроечных работ являются измерения. В процессе эксплуатации настроечные измерения в том или ином объеме проводятся периодически, а также в случае необходимости после ремонтно-восстановительных работ. Это обуславливается тем, что с течением времени из-за старения активных элементов аппаратуры характеристики ее отдельных узлов отклоняются от установленных норм. Кроме того, отклонения электрических характеристик могут быть вызваны заменой вышедших из строя элементов (ячеек) исправными. Проводимые измерения позволяют поддерживать требуемый уровень надежности и качества трактов и каналов СП. Перечень измеряемых параметров и характеристик имеется в описании каждой СП.

В последнее десятилетие в связи с ужесточением требований к надежности СП и качеству каналов и трактов, а также с увеличением объема эксплуатационных измерений интенсивно проводились работы по повышению уровня автоматизации измерительных процессов.

В настоящее время ведутся работы по созданию автоматизированных и автоматических комплексов для измерения характеристик каналов и трактов. Примером измерительного комплекса может служить комплект приборов, состоящий из измерительного генератора, избирательного указателя уровня, широкополосного указателя

уровня, панорамного измерителя АЧХ, магазина затуханий и ряда фильтров. При введении автоматизации такие комплексы дополняются специальными управляющими устройствами — микропроцессорами или стандартной управляющей ЭВМ.

Для осуществления взаимодействия между входящими в измерительный комплекс приборами, устройствами управления, устройствами документирования данных измерений и результатов обработки используются интерфейсы.

Интерфейсом называют совокупность механических, электрических и программных средств, позволяющих объединять измерительные приборы в систему. В измерительных комплексах посредством интерфейса достигается пять видов совместимости приборов:

информационная — согласованность приборов по информативным параметрам, уровням. Взаимосвязь приборов осуществляется путем применения информационных, управляющих, программных, адресных и других специальных сигналов;

конструктивная — согласованность конструктивных параметров приборов;

энергетическая — согласованность напряжений и токов, питающих приборы и линии, связывающие приборы с источниками питания;

метрологическая — сопоставимость результатов измерений, согласованность входных и выходных цепей;

эксплуатационная — согласованность характеристик приборов по стабильности и надежности.

Кроме того, интерфейсы измерительных комплексов обеспечивают взаимодействие микропроцессоров с периферийной аппаратурой, которая связана с устройствами сбора, накопления, регистрации и обработки информации.

В созданных измерительных комплексах используется стандартный интерфейс, по своим параметрам соответствующий рекомендациям Международной электротехнической комиссии.

3.2.3. Автоматизация процессов технического обслуживания

Автоматические средства контроля дают возможность полностью решить задачу съема, преобразования и обработки данных о состоянии контролируемых объектов, а также сформировать ре-

шение — оценить состояния объектов и выработать рекомендации по регулировке (настройке) параметров объекта.

На рис. 3.1 приведена обобщенная модель системы автоматического обслуживания объекта эксплуатации. Модель объекта эксплуатации представляет собой источник случайного процесса (или случайных величин), описывающего изменение состояния объекта (параметров) во времени под влиянием внутренних $\varepsilon(t)$ и внешних $\xi(t)$ возмущающих факторов. Обслуживание сводится к такому управлению процессом $x(t)$, чтобы объект постоянно находился в области допустимых состояний.

Устройство контроля, оценивающее значение регулируемой величины $x^*(t)$, выдает информацию в решающее устройство (РУ), в котором принимается решение о необходимости и характере управляющих воздействий на объект эксплуатации.

Качеством решения этой задачи и определяется качество технического обслуживания.

Автоматизация контроля и измерений оборудования конечных станций и линейного тракта позволяет:

- повысить скорость выполнения контрольных операций и тем самым сократить время простоя каналов и трактов за счет уменьшения времени обнаружения и определения места и характера

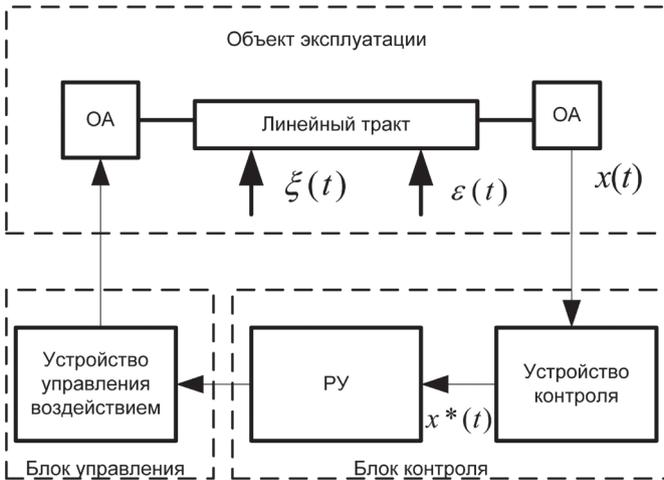


Рис. 3.1. Обобщенная модель системы автоматического обслуживания объекта эксплуатации

неисправностей (это способствует повышению коэффициента готовности СП);

- сократить численность технического персонала, отнесенную к одному каналу (за счет повышения производительности труда);
- исключить влияние субъективных факторов технического персонала на результаты измерений и повысить его ответственность вследствие автоматизации документирования состояний оборудования каналов и трактов передачи;
- создать оперативное централизованное управление процессами контроля и измерений. При этом для управления, сбора и обработки результатов используется ЭВМ.

Измерения на аппаратуре ЦСП проводятся:

- при вводе в эксплуатацию (паспортизация);
- поддержании в рабочем состоянии в процессе эксплуатации (техническое обслуживание);
- восстановлении (ремонтно-настроечные работы).

В процессе эксплуатации могут использоваться различные способы измерения рабочих характеристик:

- непрерывный контроль;
- измерения без прекращения связи;
- измерения с прекращением связи.

При непрерывном контроле проверяется качество работы объекта во время нахождения его в рабочем состоянии в течение заданного времени

Измерения без прекращения связи проводятся периодически в соответствии с планом (графиком) работ по техническому обслуживанию или по необходимости. По необходимости измерения проводятся по анализу статистических данных либо если объект сам указывает на ухудшение рабочих характеристик, не выходящее за пределы нормы в данный момент.

Результаты измерений служат основанием для прогнозирования дальнейших действий.

Измерения без прекращения связи проводятся по графикам, составленным руководящими станциями. Продолжительность измерений и работ определяется ГРСД. Эти графики согласовываются с ГРС и ВРС.

Если по данным измерений ЦСП ПЦИ, проводимых без прекращения связи, тракт находился в пределах эксплуатационных норм,

то руководящая станция может принять решение об отмене очередных плановых работ с закрытием тракта или о сокращении объема измерений.

Измерения, выполняемые без прекращения связи, как правило, проводятся в дневное время.

Измерения с прекращением связи ЦСП ПЦИ проводятся при вводе в эксплуатацию и при проведении ремонтно-настроечных работ. Для ЦСП старого поколения допускается проведение измерений с закрытием тракта в процессе эксплуатации в соответствии с планом профилактического обслуживания

Измерения в трактах ЦСП ПЦИ, выполняемые с прекращением связи по отдельным каналам или трактам более низкой ступени иерархии, планируются ГРСД. Графики этих измерений согласовываются с другими ГРС и утверждаются техническим руководителем ГРСД.

Измерения ЦСП СЦИ с прекращением связи проводятся только при вводе в эксплуатацию, при проведении ремонтно-настроечных и ремонтно-восстановительных работ.

3.3. Техническое обслуживание систем связи в процессе эксплуатации

Техническое обслуживание связи есть комплекс организационных и технических мероприятий для заданных условий эксплуатации, направленных на достижение высокой степени готовности техники связи при использовании по назначению, хранении и транспортировании, обеспечение соответствия технических характеристик установленным нормативной документацией.

Комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту техники связи силами персонала узла связи, мастерской и специалистов связи ОВД, составляет систему технического обслуживания.

Техническое обслуживание является составной частью эксплуатации и представляет собой совокупность технических и организационных мероприятий, выполняемых по регламенту и осуществляемых профилактически с целью поддержания заданного уровня надежности и готовности оборудования к использованию по прямому

назначению и обеспечения максимально возможного срока службы техники.

При техническом обслуживании необходимо кроме настоящего РЭ руководствоваться эксплуатационной и технической документацией предприятия-изготовителя на соответствующие технические средства, а также действующими руководствами (положениями, наставлениями) по технической эксплуатации и обслуживанию вычислительной техники (техники связи).

Своевременное и полное выполнение работ по техническому обслуживанию оборудования в процессе эксплуатации является одним из важнейших условий поддержания его в постоянной готовности к работе, сохранения стабильности исходных параметров и установленного срока службы.

При проведении технического обслуживания запрещается:

- изменять технологию выполнения работ, установленную эксплуатационной документацией предприятия-изготовителя технических средств;
- использовать неисправный инструмент, средства защиты;
- вскрывать опломбированные приборы и блоки до окончания гарантийного срока.

Перед началом работ оборудование необходимо выключить (если имеется выключатель питания). Необходимо также отключить все оборудование, которое соединено интерфейсными кабелями с обслуживаемым устройством.

От обслуживаемого устройства отсоединить все кабели в следующей последовательности: сначала силовые кабели (все силовые кабели, если их несколько), а затем интерфейсные.

Запрещается производить подключение-отключение кабелей во время грозы во избежание выхода из строя портов устройств.

Системой ТО предусматривается проведение вспомогательных операций, контрольно-проверочных, регулировочно-настроечных, профилактических и ремонтных работ.

Виды работ, предусмотренных системой технического обслуживания.

Вспомогательные операции предназначены для подготовки техники связи, инструмента, контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) и рабочего места к проведению основных мероприятий. К ним относятся: включение и прогрев техники связи, её развёр-

тывание, подключение и проверка КИА, приведение техники связи в исходное состояние после проведения контрольных, профилактических или ремонтных мероприятий.

Контрольно-проверочные работы заключаются в измерении и контроле технических параметров техники связи и режимов работы для определения соответствия требованиям технической документации, а также в определении необходимости её настройки, регулировки или ремонта. Контроль состояния техники связи должен быть качественным и обеспечен инструментально.

Регулировочные и настроечные работы состоят из операций, при которых параметры узла (блока, прибора, системы или комплекса) доводят до значений, установленных в техническом описании. Регулировочные работы, проводимые без изменения элементов схемы и конструкции, называют настройкой техники связи.

Профилактические работы обеспечивают повышение безотказности работы техники связи в течение заданного промежутка времени за счёт своевременного предупреждения отказов.

Система ТО должна обеспечивать поддержание готовности техники связи к применению, качество организации и проведения работ, нормативные временные и экономические затраты, а также срок службы техники связи.

Методы технического обслуживания.

ТО проводится циклически. Цикл ТО — это повторяющийся период эксплуатации, в течение которого обеспечивается безотказность работы средств связи.

Различают следующие виды ТО:

- ежедневное техническое обслуживание (ТО №1);
- ежемесячное техническое обслуживание (ТО №2);
- квартальное техническое обслуживание (ТО №3);
- полугодовое или сезонное техническое обслуживание (ТО №4).

При эксплуатации техники связи в неблагоприятных погодных условиях, после выполнения задач в экстремальных ситуациях, предусматривается проведение внеплановых профилактических работ.

Высокая эффективность ТО достигается:

- своевременной и качественной разработкой документов по планированию ТО и доведением их до исполнителей.
- внедрением передовых экономических форм управления эксплуатационно-ремонтным персоналом.

- постановкой конкретных задач перед узлом оперативной связи, мастерской, специалистами связи ОВД по выполнению ТО.
- своевременным и полным материальным обеспечением работ.
- твёрдым знанием методики проведения работ по ТО и их качественным выполнением.
- анализом причин отказов и неисправностей техники связи и принятием мер, исключающих их повторение.
- постоянным руководством и систематическим контролем за подготовкой и качеством выполнения ТО.

Профилактическое обслуживание.

Конкретно профилактическое обслуживание представляет собой совокупность предупредительных осмотров отдельных узлов аппаратуры, участков линий передач, контроля выходных параметров и их регулировки, замены отдельных, не отвечающих требованиям элементов исправными и т.д.

Профилактический метод ТО осуществляется на основе учёта: объективных данных о работе системы связи — показателей безотказности и ремонтпригодности, её специфических особенностей (структуры построения, содержания информации, получаемых с индикаторов отказов) и условий эксплуатации. Одной из главных задач профилактического обслуживания является анализ причин, приводящих к появлению отказов. Знание закономерностей возникновения отказов (неисправностей) позволяет проводить научно обоснованное обслуживание и предупреждать отказы. Так, с точки зрения проявления возможности предвидения и устранения, отказы можно разделить на постепенные, характеризующиеся постепенным изменением значений одного или нескольких параметров системы, и внезапные, которые возникают случайно, и поэтому невозможно проследить за изменением значений отдельных параметров.

Постепенные отказы можно прогнозировать путём наблюдения изменения во времени хотя бы одного из параметров системы.

Внезапные отказы также можно предотвратить в случае наличия накопленных данных, позволяющих установить закономерности их возникновения.

Таким образом, при профилактическом обслуживании имеется возможность предотвратить постепенные и внезапные отказы, если известны прогнозирующие параметры, изменение которых подчиняется определённому закону, или в случае неизвестности прогно-

зирующего параметра на основе статистических данных установлен закон распределения времени отказов системы или её элементов.

Все работы или операции профилактического обслуживания носят плано-предупредительный характер, так как они проводятся с целью обеспечения максимального значения коэффициента готовности ЗСС.

В зависимости от особенностей эксплуатации и степени жёсткости требований к надёжности и качественным показателям ЗСС определяется тот или иной принцип её профилактического обслуживания. В настоящее время практическое применение нашли следующие принципы организации профилактического обслуживания: — *календарный*, при котором работы проводятся через определённое число дней, недель, месяцев и т.д.;

— *наработки*, при котором работы проводятся после достижения аппаратурой или ЗСС в целом предписанной наработки в часах независимо от периода времени, в течение которого произойдёт эта наработка;

— *комбинированный*, при котором часть работ производится через определённые календарные промежутки времени, а другая часть — в соответствии с наработкой объекта эксплуатации.

Основными показателями профилактического обслуживания являются: периодичность выполнения t_p , суммарная продолжительность его операций $t_{pp.o.}$; трудоёмкость $Q_{pp.o.}$ — объём затрачиваемого труда на определённое число операций обслуживания; стоимость $C_{pp.o.}$ обслуживания (профилактики).

С точки зрения обеспечения высокого уровня надёжности ЗСС, желательно профилактическое обслуживание проводить как можно реже — через большие промежутки времени, т.е. значение t_p должно быть велико, а значение суммарной продолжительности обслуживания — по возможности меньшим. При этом желательно, чтобы величины $Q_{pp.o.}$ и $C_{pp.o.}$, характеризующие трудоёмкость и стоимость обслуживания, также были бы по возможности меньшими. В таком случае коэффициент использования ЗСС будет близок к единице. Однако при больших t_p значения показателей надёжности ЗСС могут выйти за допустимые пределы, а при малой продолжительности $t_{pp.o}$ может ухудшиться качество обслуживания за счёт увеличения вероятности необнаружения имеющихся дефектов.

Требование повышения коэффициента использования ЗСС и одновременно поддержания заданного уровня её надёжности на-
ходятся в противоречии.

Более прогрессивным с экономических позиций и с точки зрения
повышения производительности труда является *контрольно-кор-
ректировочный* метод ТО. Внедрение этого метода требует приме-
нения автоматических и автоматизированных контрольно-измери-
тельных средств, которые позволили бы отразить состояние ЗСС
и дать техническому персоналу информацию в реальном масштабе
времени.

Трудозатраты на техническое обслуживание.

Единичные трудозатраты на техническую проверку по имею-
щимся статистическим данным в зависимости от сложности ап-
паратуры и ее ремонтпригодности (приспособленности к контро-
лю) составляет $W_{\text{ТП}} = 8-27$ чел-ч/с, но для некоторых типов техники
выходят за пределы.

При расчете загрузки мастерской следует исходить из того, что
вся аппаратура проходит проверку дважды в течение года. При этом
для каждого типа аппаратуры

$$W_{\text{ТП}} = 2 W_{\text{ТП1}}$$

Здесь $W_{\text{ТП1}}$ — единичные трудозатраты мастерских, устанавли-
ваемые на основе статистических данных и с учетом участия
в работе по проведению технических проверок личного состава
подразделений.

Годовые трудозатраты на технические проверки определяются
суммой:

$$W_{\text{ТП}} = \sum_{i=1}^m W_{\text{ТП1}i} \cdot N_i,$$

где m — число типов аппаратуры, технические проверки которых
должны проводиться силами мастерской;

$W_{\text{ТП1}i}$ — средние годовые трудозатраты на технические проверки
одного образца аппаратуры i -го типа;

N_i — число образцов аппаратуры i -го типа.

Имея расчетные данные о трудозатратах на выполнение каждого
вида работ, легко определить общую загрузку мастерской (без учета
выполнения ею вспомогательных работ):

$$W = W_{\text{ТП}} + W_{\text{ТР}} + W_{\text{СР}}.$$

Расчет загрузки мастерских производится с целью определения их штатного состава, числа мастеров той или иной специализации, с целью получения исходных данных для планирования и организации ремонтных работ. Поэтому целесообразно производить расчеты раздельно по группам техники в соответствии с предполагаемой специализацией мастеров и рабочих мест.

Виды технического обслуживания.

ТО № 1 проводится на технике связи, работающей непрерывно или с небольшими перерывами (не более одних суток).

Основными задачами ТО № 1 являются:

- определение исправности (работоспособности) техники связи в заданном режиме;
- выявление внешним осмотром неисправностей, которые могут послужить причиной отказа, и их устранение.

ТО № 1 проводится личным составом, использующим технику связи по назначению, или лицом, за которым она закреплена.

ТО № 2 проводится на технике связи с интенсивностью эксплуатации не менее 240 часов в месяц.

Основными задачами ТО № 2 являются:

- определение исправности (работоспособности) техники связи при работе во всех режимах;
- проведение тщательного осмотра и чистки основных блоков, узлов, контактов переключателей, разъёмов и т.д.

ТО № 2 проводится специалистами связи ОВД или работниками, использующими технику связи по назначению. На технике связи повышенной сложности ТО № 2 должно проводиться специалистами узла связи или мастерской.

ТО № 3 проводится на всей технике, находящейся в ОВД, независимо от интенсивности её эксплуатации не реже одного раза в квартал.

Основными задачами ТО № 3 являются:

- проведение тщательного осмотра и чистки основных блоков, узлов, контактов переключателей, разъёмов и т.д.;
- проверка исправности и работоспособности техники связи и основных блоков;
- проведение настройки и регулировки техники связи в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

ТО № 4 проводится на всей технике связи, находящейся в ОВД, независимо от интенсивности её эксплуатации. Время ТО № 4, как правило, совмещается с переводом техники связи на летнюю (зимнюю) эксплуатацию.

Основными задачами ТО № 4 являются:

- инструментальная проверка параметров техники связи, её блоков и основных узлов, их настройка и регулировка;
- подготовка техники связи к эксплуатации в летних (зимних) условиях.

Проведение ТО № 3 и № 4 осуществляется специалистами узлов оперативной связи и мастерской.

Планирование технического обслуживания.

В основу ТО должны быть положены плановые мероприятия, позволяющие в полной мере объединить усилия узла связи, мастерской, специалистов связи ОВД на достижение заданной подразделениям связи степени готовности техники связи.

Планирование технического обслуживания в объёме ТО № 2 и ТО № 3 производится по всей номенклатуре техники связи с указанием сроков выполнения работ и ответственных исполнителей. План-график проведения ТО № 2 и ТО № 3 утверждается начальником подразделения связи и доводится до каждого органа внутренних дел. План-график проведения ТО № 2 и ТО № 3 должен быть взаимосвязан с планом эксплуатации. В плане-графике отражаются: наименование средства связи, вид ТО, а также другие виды работ и ремонта в соответствии с планом эксплуатации.

При проведении ТО на месте установки заполняется наряд, который по окончании работ подписывается начальником ОВД.

Основным документом по учёту технической эксплуатации является формуляр (паспорт) на изделие связи.

Составление планов, расчёта объёма работ и организация технического обслуживания могут осуществляться и методами сетевого планирования, которые позволяют: более наглядно представить взаимосвязь между выполняемыми операциями; чётко установить объём и последовательность выполнения каждой операции; определить наиболее напряжённые периоды работ; принять решение о перераспределении сил и средств для выполнения работ в предписанные сроки; осуществлять оперативный контроль за ходом выполнения плана и в случае необходимости принять соответствующие меры.

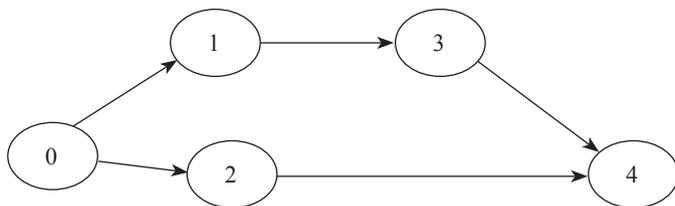


Рис. 3.2. Пример простейшего сетевого графика

Основу сетевого планирования составляет сетевая модель — графическое представление плана ТО, которая называется сетевым графиком. Математической основой составления, исследования и анализа сетевых графиков являются методы теории графов и исследования операций. На рис. 3.2 приведён пример простейшего сетевого графика.

Сплошные линии со стрелками (рёбра графа) означают работу — трудовой процесс, требующий затраты времени и материальных средств. Каждая работа определяется конкретным названием, например, «измерение фона радиоканала радиосети ОВД». Рёбра графа могут означать и пассивный процесс, при котором не требуются затраты труда и материальных средств. Это может быть, например, период ожидания очередности ремонта. Кружками обозначены события. *Событие* — это результат выполнения одной или нескольких предшествующих работ. Работа обычно кодируется номерами событий, между которыми она заключена. Событие, из которого выходит линия, называется *начальным*, а событие, в которое входит линия — *конечным* для данного вида работ. Последовательность работ, в которой конец предшествующей работы совпадает с началом последующей, называется *путём*. Длина пути определяется суммой длин рёбер графа его составляющих. Путь наибольшей продолжительности называется *критическим*. Он определяет время выполнения всех работ сетевого графика.

Сетевое планирование состоит из трёх этапов.

Разработка сетевого графика.

Вначале определяется цель ТО и устанавливается перечень работ. Затем производится разделение перечня на виды (или группы) работ и формулируется содержание работ и событий. При этом одновременно выясняется порядок выполнения работ, определяются работы, которые могут выполняться параллельно с данной работой.

После этого составляется сетевой график. Этот график проверяется и при необходимости корректируется.

Расчёт параметров сетевого графика.

Суть расчётов сводится к определению продолжительности каждой работы и параметров сети. Продолжительность работы определяется обычно по нормативным документам, которые устанавливаются исходя из числа исполнителей, их квалификации и норм выработки. Однако в ряде случаев она может быть случайной величиной. Тогда, зная закон распределения времени, определяют параметры его распределения — среднее значение и дисперсию.

Среднее время выполнения каждой работы можно установить по статистическим данным, накопленным по предыдущим обслуживаниям:

$$\bar{t}_p = n^{-1} \sum_{i=1}^n t_{pi},$$

где t_{pi} — продолжительность i -й работы; n — число опытов.

После окончательного составления сетевого графика определяют следующие параметры:

- ранние и поздние сроки наступления каждого из событий;
- время раннего и позднего сроков начала и окончания работ;
- критические пути сетевого графика $d_{кр} = d(O)$, где O — конечное событие комплекса работ;
- резерв времени для события, т.е. время, на которое могут быть увеличены продолжительности всех работ без нарушения сроков наступления конечного события. Резервы времени используются для оптимизации плана хода работ;
- коэффициент напряжённости работы — отношение длин несопадающих отрезков максимального и критического путей, заключённых между одними и теми же событиями, принадлежащими обоим путям.

3.4. Особенности технической эксплуатации цифровых транкинговых систем радиосвязи

Виды технического обслуживания оборудования цифровых транкинговых систем радиосвязи

Для проведения ТО радиостанции рекомендуются следующие методы:

- профилактическое техническое обслуживание (ПТО), выполняемое через определенные временные интервалы и направленное на своевременное предупреждение возможности появления отказа или ухудшения функционирования оборудования;
- управляемое техническое обслуживание (УТО), выполняемое путем систематического применения методов анализа состояния технических средств с использованием средств системы сетевого управления и направленное на сведение к минимуму профилактического технического обслуживания.

ПТО включает:

- плановые ремонтно-настроечные работы;
- плановую замену компонентов оборудования;
- текущее обслуживание оборудования.

УТО включает:

- непрерывный эксплуатационный контроль;
- ремонтно-восстановительные и ремонтно-настроечные работы;
- операции управления и переключения на резерв.

Профилактическое техническое обслуживание подразделяется на:

- ЕТО — ежедневное техническое обслуживание;
- ТО-1 — ежемесячное техническое обслуживание;
- ТО-2 — годовое техническое обслуживание.

При внешнем осмотре изделия следует проверить:

- комплектность изделия в соответствии с формуляром (паспортом);
- отсутствие видимых механических повреждений;
- чистоту гнезд, разъемов и клемм;
- состояние соединительных проводов, кабелей, переходов;
- состояние лакокрасочных покрытий и четкость маркировок;
- отсутствие отсоединившихся или слабо закрепленных модулей изделия (определяется визуально или на слух при изменении положения изделия).

Для чистки наружных поверхностей и вентиляционных отверстий от пыли лучше использовать специальный пылесос с комплектом насадок. Пылесос должен иметь антистатическую защиту, т.к. его насадки могут соприкоснуться с микросхемами оборудования.

При необходимости можно протереть наружные поверхности устройства мягкой тканью, слегка смоченной в мыльном растворе. При этом нельзя допускать попадания жидкости внутрь устройств.

Для чистки внутренних частей и блоков устройства его необходимо разобрать, чтобы обеспечить доступ к частям устройства, на которые осаждается пыль.

Порядок сборки-разборки отдельных устройств приведен в документации на эти устройства. Не следует разбирать устройство более того, что указано в инструкции по его сборке-разборке.

При всех работах с открытым корпусом оборудования и (или) при извлечении отдельных модулей необходимо принять меры, исключающие случайный электростатический разряд через сигнальные цепи. Вынимать и вставлять модули следует аккуратно, без резких движений, чтобы не повредить печатные платы и разъемы. Никогда не следует класть вынутые платы и модули на проводящие поверхности, т.к. модули могут содержать отдельные источники питания (батареи, аккумуляторы).

При чистке поверхностей плат пыль следует сметать мягкой кисточкой и удалять ее специальным пылесосом, чтобы не повредить элементы, расположенные на плате. При чистке устройства особенно тщательно нужно чистить открытые блоки питания, вентиляторы, вентиляционные отверстия.

Ремонт оборудования цифровых транкинговых систем радиосвязи

Радиостанция подлежит ремонту на предприятии-изготовителе или в сервисном центре обслуживающей организации (в рамках договора о сервисном обслуживании), имеющей разрешение производителя на проведение данного вида работ.

Эксплуатирующий персонал должен произвести демонтаж изделия и его отправку в ремонтный орган с указанием характера неисправности.

Виды ремонта

В процессе эксплуатации радиостанции производятся следующие виды ремонта.

Текущий ремонт — заключается в устранении незначительных неисправностей (не нарушающих работоспособности оборудования в целом) посредством замены комплектующих изделий и не требует сложного диагностического и технологического оборудования.

Непредвиденный ремонт — производится в процессе выявления значительных неисправностей, отсрочка в устранении которых не может быть допущена без ущерба для нормальной технической эксплуатации радиостанции.

Плановый ремонт — производится по заранее подготовленному годовому плану с включением в него работ, выполнение которых предусматривается заблаговременно.

Порядок проведения ремонта

Текущий ремонт выполняется:

- в течение гарантийного срока — предприятием-поставщиком;
- в послегарантийный период — эксплуатирующим персоналом или организацией, осуществляющей техническую поддержку (в рамках соответствующего договора).

Непредвиденный и плановый виды ремонта выполняются:

- в течение гарантийного срока — предприятием-поставщиком;
- в послегарантийный период — организацией, осуществляющей техническую поддержку (в рамках соответствующего договора).

Сведения о проведении ремонта заносятся в формуляр, где отражаются:

- дата, время возникновения и характер неисправности;
- сведения о выполненных работах по ремонту оборудования и о замене его составных частей;
- наименование организации, выполнившей ремонт;
- время, затраченное на проведение ремонта.

Хранение оборудования цифровых транкинговых систем радиосвязи

Хранение — это кратковременное или длительное содержание оборудования в установленных местах в исправном состоянии с учетом требований нормативно-технической документации по средствам и методам защиты от воздействия открытой среды и проведения технического обслуживания.

Радиостанция должна храниться в условиях по ГОСТ 15150-69, группа 2 С (закрытые или другие помещения с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий) при температуре от плюс 10 до плюс 40 °С и относительной влажности воздуха не более 80 % (при плюс 25 °С).

В воздухе помещения для хранения изделия не должно присутствовать агрессивных примесей (паров кислот, щелочей).

Срок хранения

Срок хранения изделия в потребительской таре без переконсервации — не менее 1 года.

Предельный срок хранения

При длительном (более 1 года) хранении изделие должно находиться в упакованном виде и содержаться в отопляемых хранилищах не более 3 лет при температуре окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 40 °С и относительной влажности воздуха не более 80 % при температуре плюс 25 °С.

Правила постановки изделия на хранение

При постановке изделия на длительное хранение его необходимо упаковать в упаковочную тару предприятия-поставщика.

Условия упаковки

Упаковка оборудования должна проводиться в закрытых вентилируемых помещениях при температуре от плюс 15 до плюс 40 °С и относительной влажности не более 80 % при отсутствии агрессивных примесей в окружающей среде.

Порядок упаковки

Подготовленное к упаковке оборудование укладывают в тару, представляющую собой коробки из картона гофрированного (ГОСТ 7376-89 или ГОСТ 7933-89) согласно чертежам предприятия-изготовителя.

Изделие упаковывается с применением чехлов из водонепроницаемой пленки с обязательным наличием химически неагрессивных влагопоглотителей.

Для заполнения свободного пространства в упаковочную тару укладываются прокладки из гофрированного картона или пенопласта.

Эксплуатационная документация производителя оборудования и компакт-диски с программным обеспечением должны быть уложены в потребительскую тару вместе с изделием.

На верхний слой прокладочного материала укладывается товаросопроводительная документация — упаковочный лист и ведомость упаковки.

Потребительская тара должна быть оклеена лентой клеевой 6-70 по ГОСТ 18251-87.

Упакованные в потребительскую тару изделия должны быть уложены на поддон и упакованы в полиэтиленовую пленку М 0,2 для защиты от попадания влаги.

Правила снятия изделия с хранения

При снятии с хранения изделие следует извлечь из упаковки и выдержать в течение суток при нормальных климатических усло-

виях: температуре плюс 25+10 °С, влажности 65+15 %, атмосферном давлении 750+30 мм рт. ст.

Техническое обслуживание оборудования при хранении

Радиостанция до передачи на хранение и в процессе хранения подвергается техническому обслуживанию.

Техническое обслуживание — ТО-1х (месячное техническое обслуживание при хранении). При этом производится проверка состояния упаковки и климатических условий хранения.

В случае обнаружения нарушений упаковки или климатических условий хранения проводится внеочередное ТО в объеме ТО-2х.

Техническое обслуживание ТО-2х (годовое техническое обслуживание при хранении) проводится в объеме ТО-1х, дополнительно проводятся внешний осмотр оборудования и проверка его работоспособности по следующей методике:

1. Распаковать устройство.
2. Провести внешний осмотр (следует убедиться в отсутствии на оборудовании следов ударов, воздействия жидкости, химических веществ или высокой температуры, трещин, вмятин и других механических повреждений; чистоте и исправности разъемов и гнезд; отсутствии ослабления крепления деталей и элементов конструкции).
3. Подключить к устройству специальный кабель.
4. Подключить кабель к порту ПЭВМ, на которой установлено программное обеспечение для проверки.
5. Подключить проверяемое устройство и ПЭВМ в сеть. После транспортировки в зимнее время категорически запрещается включать оборудование до выравнивания его температуры с температурой в помещении.
6. Включить ПЭВМ и после загрузки операционной системы запустить программу проверки.
7. Включить проверяемое устройство.
8. Проверить, что при загрузке устройства на экран ПЭВМ выдается последовательность диагностических сообщений, соответствующая штатному процессу загрузки и самодиагностики проверяемого устройства.
9. Убедиться, что устройства функционируют.
10. Отключить устройство от сети электропитания.
11. Отключить от устройства и от ПЭВМ консольный кабель.

12. Упаковать устройство.

Транспортирование оборудования цифровых транкинговых систем радиосвязи

Условия транспортирования

Допускается транспортирование оборудования в транспортной таре всеми видами транспорта (в том числе в отапливаемых герметизированных отсеках самолетов без ограничения расстояний). При перевозке в железнодорожных вагонах вид отправки — мелкий малотоннажный.

При транспортировании изделия должна быть предусмотрена защита от попадания пыли и атмосферных осадков. Не допускается кантование изделия. Климатические условия транспортирования приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Климатические условия транспортирования

Параметр	Допустимое значение
Температура окружающего воздуха, °С	от – 50 до +50
Атмосферное давление, кПа	от 70 до 106,7
Относительная влажность воздуха при 25°С	95%

Транспортная тряска не должна превышать 80—120 ударов в минуту с максимальным ускорением 30 м/с² и продолжительностью воздействия 1 ч.

Утилизация оборудования цифровых транкинговых систем радиосвязи

Если радиостанция не содержит в своём составе опасных или ядовитых веществ, способных нанести вред здоровью человека или окружающей среде, и не представляет опасности для жизни, здоровья людей и окружающей среды, то утилизация изделия может производиться по окончании срока службы по правилам утилизации общепромышленных отходов.

Подготовка к транспортированию

Оборудование должно быть закреплено для обеспечения устойчивого положения, исключения взаимного смещения и ударов. При проведении погрузочно-разгрузочных работ и транспортировании должны строго выполняться требования манипуляционных знаков, нанесенных на транспортной таре.

Заключение

В работе рассмотрены основные виды и стандарты систем радиосвязи, применяемые в органах внутренних дел, принципы организации современных систем и сетей радиосвязи, их разновидности, достоинства и недостатки. Во второй главе излагаются вопросы развертывания систем радиосвязи для выполнения различных служебных задач, в том числе для постоянных и временно действующих сетей. Особое внимание уделено вопросам частотно-территориального планирования, как основы для развертывания новых и модернизации существующих сетей связи ОВД.

Усложнение систем связи ОВД обуславливает необходимость повышения гарантии стабильности надежности, заложенной в процессе ее разработки и изготовления, а также стабильности качества каналов и трактов, заложенных при проектировании, строительстве и монтаже систем передачи. Эти обстоятельства определили потребность в изучении методов технической эксплуатации систем связи и усовершенствовании ее теории и техники. В силу этого в пособии приводится описание принципов технической эксплуатации сетей и систем радиосвязи для повышения их готовности, надежности и уменьшения количества отказов.

В работе приведены требования по подбору конкретных образцов оборудования для построения сетей связи органов внутренних дел, а также типовая схема организации радиосвязи территориальных органов МВД России на базе выбранного оборудования стандарта DMR.

Список сокращений

CACH — логический общий канал сообщений (Common Assignment Channel)

DMR — стандарт цифровой радиосвязи (Digital Mobile Radio)

DTMF — тональный сигнал (Dual-Tone Multi-Frequency)

ETSI — Европейский институт телекоммуникаций (European Telecommunications Standards Institute)

FDD — частотный дуплекс (Frequency-division Duplexing)

FDMA — множественный доступ с частотным разделением каналов (Frequency Division Multiple Access)

GPS — спутниковая система глобального позиционирования (Global Positioning System)

GSM — стандарт сотовой связи (Global System for Mobile Communications)

IDAS — система цифровой радиосвязи (Icom Digital Advanced System)

IMBE — кодек (Improved MultiBand Excitation)

ISDN — цифровая сеть с интеграцией служб

LAN — компьютерная сеть, покрывающая обычно относительно небольшую территорию (Local Area Network)

PMR — профессиональное мобильное радио (Professional Mobile Radio)

RoIP — радио поверх IP (Radio over IP)

TDMA — многостанционный доступ с временным разделением каналов (Time Division Multiple Access)

TETRA — стандарт цифровой радиосвязи (TErrestrial TRunked RAdio)

VoIP — голос поверх IP

VPN — виртуальная частная сеть (Virtual Private Network)

WAN — компьютерная сеть, охватывающая большие территории и включающая в себя большое число компьютеров (Wide Area Network)

АРМ — автоматизированное рабочее место

АРСО 25 — стандарт цифровой радиосвязи (Ассоциация Официальных представителей служб Связи Общественной Безопасности — АРСО, проект 25)

АТС — автоматическая телефонная станция

АФТ — антенно-фидерный тракт

АФУ — антенно-фидерное устройство
БС — базовая станция
ВОЛС — волоконно-оптические линии связи
ВРС — вспомогательная распределительная станция
ГАТС — городская автоматическая телефонная станция
ГЛОНАСС — глобальная навигационная спутниковая система
ГРС — главная распределительная станция
ГРСД — главная руководящая станция с документированием
ДНА — диаграмма направленности антенны
ИМТС — интегрированная мультисервисная телекоммуникационная система
КБВ — коэффициент бегущей волны
КИА — контрольно-измерительная аппаратура
КСВ — коэффициент стоячей волны
ЛВС — локальная вычислительная сеть
МР — мобильная радиостанция
НР — носимая радиостанция
НТД — нормативно-техническая документация
НЭМП — низкочастотное электромагнитное поле
ОТЭ — объект технической эксплуатации
ПК — персональный компьютер
ПО — программное обеспечение
ПТО — профилактическое техническое обслуживание
ПЦИ — плезиохронная цифровая иерархия
ПЧ — промежуточная частота
ПЭВМ — персональная электронно-вычислительная машина
РНР — ремонтно-настроечные работы
РРЛ — радиорелейные линии
РСР — радиосистема передачи
РЧС — радиочастотный спектр
РЭ — руководство по эксплуатации
РЭС — радиоэлектронное средство
СОТУ — система оперативно-технического управления
СП — система передачи
СПР — система профессиональной радиосвязи
СР — стационарная радиостанция
СТЭ — система технической эксплуатации
СЦИ — синхронная цифровая иерархия

ТВР — ремонтно-восстановительные работы
ТО — техническое обслуживание
ТС — транспортное средство
ТФОП — телефонная сеть общего пользования
УПАТС — учрежденческо-производственная автоматическая телефонная станция
УТО — управляемое техническое обслуживание
ХЧИ — характеристика частотной избирательности
ЦМ — центр мониторинга
ЦРС — центр радиосвязи
ЦСП — цифровая система передачи
ЧТП — частотно-территориальное планирование
ЧТР — частотные и (или) территориальные разносы
ШПД — широкополосная передача данных
ЭВП — электровакуумные приборы
ЭДС — электродвижущая сила
ЭМП — электромагнитное поле
ЭМС — электромагнитная совместимость

Литература

1. О полиции: федеральный закон от 07 февраля 2011 г. № 3-ФЗ // СПС «Консультант Плюс».
2. Reports of the CCIR. Annex to volume IX-part 1. Fixed service using radio-relay systems. — Geneva, 1990.
3. Сети и системы радиосвязи ОВД и средства их информационной защиты: учебное пособие / О. И. Бокова [и др.]; под ред. Н.С. Хохлова. — Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2012. — 228 с.
4. Технологии сетей связи. Кн. 4: Стандарты и принципы построения транкинговых сетей. — М.: Управление связи и автоматизации МВД России, 2002.
5. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: учебник для вузов / В.В. Крухмалёв [и др.]; под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалёва. — М.: Горячая линия — Телеком, 2004. — 510 с.: ил.
6. Отчет о НИР «Аэропорт». — Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2014.
7. Отчет о НИР «Радиосвязь». — Москва: НИИ Радио, 2014.
8. Сердюков П. Н. Защищенные радиосистемы передачи цифровой информации / П.Н. Сердюков, А.В. Бельчиков, А.Е. Дронов. — М.: АСТ-Москва, 2005. — 525 с.
9. ETSI TS 102 361 Стандарт конвенциональной профессиональной радиосвязи – DMR [Электронный ресурс]. — URL: http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102300_102399/10236101/01.04.05_60/ts_10236101v010405p.pdf
10. ETS 300 113. Европейский телекоммуникационный стандарт [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/Official/Pdf/DEC9607E.pdf>
11. Тепляков И.М. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей : учебное пособие / И.М. Тепляков. — М.: Радио и связь, 2004.— 328 с. : ил.
12. Сайт ООО «Центр Новых Технологий». — URL: <http://cnt-radio.ru/>
13. Частотно-территориальное планирование систем подвижной радиосвязи органов внутренних дел нового поколения: методические рекомендации / О.И. Бокова [и др.]. — Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2013. — 34 с.

14. Частотно-территориальное планирование сетей подвижной профессиональной радиосвязи стандарта DMR / Е.О. Гладкова, А.А. Гриценко, В.А. Жиров, Ю.А. Молотков (ЗАО «Центр «Северная корона») [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.spacecenter.ru/Resurses/2012/>
15. PGUPS_DMR_2012.pdf
16. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи. СанПиН 2.1.8/2.24.1190-03: утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 30 января 2003 г. // СПС «КонсультантПлюс».
17. Об использовании глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах социально-экономического развития Российской Федерации: указ Президента Российской Федерации от 17 мая 2007 г. № 638 // СПС «КонсультантПлюс».
18. Об утверждении и использовании общих тактико-технических требований к спутниковым навигационно-мониторинговым системам для ОВД РФ и ВВ МВД России : приказ МВД России от 31 декабря 2008 г. № 1197 // СПС «КонсультантПлюс».
19. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей: учебное пособие для вузов / Е.Б. Алексеев [и др.]; под ред. В.Н. Гордиенко и М.С. Тверецкого. — М.: Горячая линия – Основы технической эксплуатации инфокоммуникационных систем: учебное пособие / О.И. Бокова [и др.]. — Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2013. — 96 с.
20. Бакланов И. Г. Методы измерений в системах связи / И. Г. Бакланов. — М.: Эко-Трендз, 2001. — 195 с.: ил.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Бокова Оксана Игоревна,
доктор технических наук, профессор
Хохлов Николай Степанович,
доктор технических наук, профессор
(Воронежский институт МВД России)
Ляшенко Сергей Николаевич
(Департамент информационных технологий,
связи и защиты информации МВД России)
Пьянков Олег Викторович,
кандидат технических наук, доцент
Глушков Алексей Николаевич,
кандидат технических наук
(Воронежский институт МВД России)

ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИОСВЯЗИ В ОРГАНАХ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ

Учебное пособие

Редактор М. М. Тройнина
Корректор А. С. Власова
Оригинал-макет Воронежского института МВД России

Подписано в печать 28.07.2018
Формат 60 × 90^{1/16}. Бумага офсетная
Усл. печ. л. 8,0. Тираж 1003 экз. Заказ № 9222.
Макет подготовлен и отпечатан при участии ООО ИПК «Медиа-Принт»
143200, г. Можайск, ул. Мира, 93.