

В.А. Григорьев, О.И. Лагутенко, Ю.А. Распаев, И.А. Хворов

ОСОБЕННОСТИ ЧАСТОТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА СИСТЕМ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Санкт-Петербург

2014

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

**ОСОБЕННОСТИ ЧАСТОТНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
СТРОИТЕЛЬСТВА СИСТЕМ
ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Санкт-Петербург

2014

Особенности частотного обеспечения, проектирования и строительства систем подвижной радиосвязи. Учебное пособие: В.А. Григорьев, О.И. Лагутенко, Ю.А. Распаев, И.А. Хворов / под общ. ред. В.А. Григорьева. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – с. 161.

Учебное пособие посвящено рассмотрению особенностей частотного обеспечения, проектирования, строительства, ввода в эксплуатацию и эксплуатации систем подвижной радиосвязи на территории Российской Федерации, вытекающих из действующих законодательных и нормативных актов.

В работе приведена классификация и особенности организации систем подвижной радиосвязи. Особое внимание уделено транкинговым и сотовым сетям связи.

В учебном пособии рассмотрены особенности процесса проектирования и частотно-территориального планирования систем подвижной радиосвязи.

В написании принимали участие: В.А. Григорьев – раздел 1, 2; О.И. Лагутенко – раздел 1; Ю.А. Распаев – раздел 3; И.А. Хворов – раздел 1, 2; И.М. Ермолинский – раздел 3; Е.В. Григорьева – раздел 1; В.О. Аксенов – раздел 1; К.В. Красовский – раздел 3; С.В. Пушкарёв – раздел 3; А.С. Щесняк – раздел 3.

Издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению 210700 «Инфокоммуникационные технологии и сети связи». Рекомендовано к печати Ученым советом факультета ИКТ от 17 декабря 2013 года, протокол №7.

В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».



© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2014.

© Авторы, 2014.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1 Классификация и принципы построения систем сухопутной подвижной радиосвязи	5
1.1 Классификация систем сухопутной подвижной радиосвязи	5
1.2 Особенности организации систем сухопутной подвижной радиосвязи	11
1.2.1 Системы персонального радиовызова	11
1.2.2 Конвенциональные системы связи	12
1.2.3 Транкинговые системы связи	19
1.2.4 Сотовые системы связи	34
2 Частотное обеспечение систем сухопутной подвижной радиосвязи	41
2.1 Общие принципы выделения частотного ресурса для систем сухопутной подвижной радиосвязи	41
2.2 Обзор решений ГКРЧ по выделению полос радиочастот системам сухопутной подвижной радио и радиотелефонной связи	45
3 Проектирование и строительство сетей сухопутной подвижной радиосвязи	119
3.1 Лицензирование услуг связи в системах сухопутной подвижной радиосвязи	119
3.2 Основные этапы строительства и ввода в эксплуатацию систем связи	123
3.3 Оплата радиочастотного спектра для СПР	146
3.4 Концепция MVNO	151
3.5 Концепция совместного использования ресурсов операторами связи	157
ЛИТЕРАТУРА	160

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время системы связи с подвижными объектами прочно вошли в повседневную жизнь общества. Несмотря на широкую распространенность систем связи, ориентированных на работу с фиксированными абонентами, наблюдается острая необходимость предоставления услуг связи для работы в любом месте, будучи не привязанным к какому-либо определенному месту и даже к какой-то ограниченной территории.

Современные тенденции развития беспроводных сетей – это направленность на пакетную передачу различных видов трафика – пересылка данных, речи, видеoinформации с заданным качеством, определяемых не только с учетом вероятности ошибок, но и задержек. Для обеспечения высоких скоростей передачи и требуемого качества в современных технологиях связи с подвижными объектами в максимальной степени используется весь объем канала связи – частотные, временные и динамические возможности.

В учебном пособии подробно рассматриваются вопросы классификации и организации систем сухопутной подвижной радиосвязи, обращается внимание на важность решения задач частотного обеспечения, рассматриваются основные этапы процедур проектирования и строительства.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 210700 «Инфокоммуникационные технологии и сети связи», а также будет полезно специалистам, занимающимся вопросами проектирования и строительства систем подвижной радиосвязи.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

1.1. Классификация систем сухопутной подвижной радиосвязи

Сухопутная подвижная радиосвязь (СПР) в настоящее время является одним из наиболее динамично развивающихся направлений в области телекоммуникаций. Наряду с быстрым непрекращающимся ростом числа сетей, операторов и абонентов СПР общего пользования, наблюдается устойчивая высокая активность в области создания, развития, расширения и модернизации профессиональных (специальных и корпоративных) сетей, систем и подсистем СПР различного назначения и принадлежности, используемых для организации телефонной связи и передачи данных.

Основные определения, относящиеся к подвижной радиосвязи, даны в Регламенте радиосвязи [1].

Подвижная служба - служба радиосвязи между подвижной и сухопутной станциями или между подвижными станциями.

Сухопутная подвижная служба - подвижная служба между базовыми станциями и сухопутными подвижными станциями или между сухопутными подвижными станциями.

Сухопутная станция - станция подвижной службы, не предназначенная для работы во время движения.

Сухопутная подвижная станция - подвижная станция сухопутной подвижной службы, способная перемещаться по поверхности в пределах географических границ страны или континента.

Учитывая назначение, основные классификационные признаки и принципы функционирования, можно сказать, что **под сетями сухопутной подвижной радиосвязи понимается совокупность технических средств (радиооборудование, коммутационное оборудование, соединительные линии и сооружения), с помощью которых предоставляют связь подвижным абонентам между собой и с фиксированными (стационарными) абонентами радио - и проводных сетей электросвязи.**

Современные системы СПР весьма разнообразны по спектру применений, используемым информационным технологиям и принципам организации.

С точки зрения пользователя по виду оказываемых услуг СПР можно разделить на два больших класса: **системы подвижной радиосвязи и системы подвижной радиотелефонной связи** (рис.1.1). Системы подвижной радиосвязи в свою очередь делятся на **системы персонального радиовызова (СПРВ)** (пейджинговая связь) и **системы профессиональной мобильной радиосвязи (СПМР)**.

Системы персонального радиовызова, называемые еще системами поискового, селективного, индивидуального радиовызова, предназначены для передачи различного рода информации определенному лицу, являющемуся владельцем специального малогабаритного, обычно карманного, приемника

(пейджера), на некоторой территории (город, страна, континент). Для передачи поискового сигнала в таких системах используются специальные радиопередающие станции, а также вещательные УКВ ЧМ радиостанции. Сообщения абонентам СПРВ могут быть переданы через терминалы телефонной сети общего пользования (ТФОП), телефонные аппараты, компьютеры, подключенные к ТФОП с помощью телефонных модемов или сети Интернет. Основными компонентами СПРВ являются: пейджинг-терминал, базовые станции (БС) и абонентские приемники - пейджеры. СПРВ были очень популярны до середины 90-х годов прошлого века, в настоящее время данные системы носят в основном дублирующий и вспомогательный характер. Наибольшее распространение получили протоколы POCSAG, ERMES и FLEX.



Рис. 1.1. Классификация СПР по видам услуг

Системы профессиональной мобильной радиосвязи, как правило, используются ограниченными группами пользователей, объединенными по профессиональному признаку. Это могут быть сети оперативного, диспетчерского, административно-хозяйственного, производственно-технологического и т. п. назначения. Они используются силовыми структурами и правоохранительными органами, аварийными и муниципальными службами, энергетическими, транспортными и производственными предприятиями и т. д. Именно поэтому сети ПМР часто называют ведомственными и корпоративными сетями радиосвязи.

Достаточно четко можно охарактеризовать сети профессиональной мобильной радиосвязи и по техническим признакам. Как известно, по способам использования частотного ресурса системы двусторонней подвижной радиосвязи делятся на следующие классы:

- системы связи с закреплением за абонентами каналов связи (конвенциональные системы);

- системы связи с общим доступом абонентов к общему частотному ресурсу (транкинговые системы).

Конвенциональные системы, являясь простейшим классом СПР, используют принцип фиксированного закрепления каналов связи за определенной группой абонентов. По сравнению с другими классами систем подвижной радиосвязи для конвенциональных систем характерна, с одной стороны, наименьшая пропускная способность, определяемая достижимым количеством абонентов, работающих на одном канале, а с другой - наибольшая оперативность связи, характеризующаяся временем установления канала связи. Основным типом вызова в конвенциональных системах является групповой, при котором переговоры обеспечиваются по принципу «каждый со всеми». Вместе с тем, используемые в современных сетях конвенциональной радиосвязи системы избирательного вызова, основанные на различных методах сигнализации, позволяют разделять группы абонентов и осуществлять не только групповые, но и индивидуальные вызовы. По структуре построения сетей радиосвязи конвенциональные системы относятся к радиальным или радиально-зоновым сетям.

Транкинговые системы используют автоматическое распределение каналов связи между абонентами. Это означает, что все пользователи делят между собой общую группу радиоканалов, а выделение свободных каналов осуществляется по требованию абонентов. Основным элементом сетей транкинговой радиосвязи является базовая станция, включающая несколько ретрансляторов с соответствующим антенным оборудованием и контроллер, который управляет работой БС, коммутирует каналы ретрансляторов, обеспечивает выход на телефонную сеть общего пользования или другую сеть фиксированной связи. По сравнению с конвенциональными сетями, транкинговые сети обладают повышенной пропускной способностью, расширенными функциональными возможностями, разнообразными типами вызова (групповой, индивидуальный, широкоэмитательный), большей зоной территориального охвата.

Системы подвижной радиотелефонной связи характеризуются пространственно-разнесенным повторным использованием частот и более известны как **сотовые системы** связи. Технологии сотовой связи развиваются в течение значительного промежутка времени и имеют собственную историю, насчитывающую шесть основных поколений связи: 4 базисных поколения и 2 переходных.

Классификация решений СПР определяется различием потребностей, а также отраслевой спецификой, но в целом можно выделить ряд общих признаков, которые представлены на рис. 1.2.

По территориальному признаку или зоне обслуживания:

- однозоновые – всегда радиальные, т.е. в пределах радиуса действия радиостанции;

- многозоновые - могут быть радиальными, магистральными (для линейно протяженных зон) или сотовыми.

По способу управления системой или способу объединения абонентов:

- децентрализованный (автономный или некоординированный) - связь между пользователями устанавливается непосредственно, без участия базовых станций. Предназначены для организации радиосвязи на небольшой территории (так как радиус действия радиостанций без использования базовой станции (БС) составляет 1-2 км для носимых и 3-7 км для мобильных). Применяется службами охраны, на железнодорожном (для составителей поездов) и речном транспорте, а также в других отраслях.

- централизованный (координированный) - связь между абонентами производится через центральные (или базовые) станции. БС могут быть независимыми или связанными (выделенными, коммутируемыми, радиорелейными, оптоволоконными и другими линиями связи).

При несложной схеме организации связи вынос одной из абонентских станций в качестве стационарной диспетчерской радиостанции (с установкой базовой антенны на значительной высоте) позволяет расширить зону действия (примерно до 10 км по радиусу от диспетчерской станции до носимой и до 20-50 км до возимой). Назначением таких систем - обеспечение мобильной связи на относительно большой территории между абонентами и диспетчером наряду с обеспечением возможности организации связи и между абонентами, только на таких же расстояниях, как и в локальных системах. Подобная схема очень распространена в МВД, а также в тех организациях, где имеется достаточно жесткая привязка к диспетчеру (например, на речном или железнодорожном транспорте), а связь в группе (между собой) нужна на небольшом расстоянии (1-2 км).

Использование приемопередатчика (ретранслятора), который принимает сигнал от абонентской радиостанции на одной частоте и одновременно передает его на другой, позволяет организовать взаимодействие всех абонентов между собой на всей территории действия ретранслятора (т. е. связь может быть не только с центральной станцией на большом расстоянии, но и абоненты могут связываться между собой). При такой схеме, в случае использования диспетчера, ему не обязательно быть рядом с диспетчерской радиостанцией (аналогично с диспетчерской системой на базе симплексной радиостанции), он может находиться в любом месте в зоне действия ретранслятора и в качестве диспетчерской станции использовать обычную абонентскую радиостанцию.

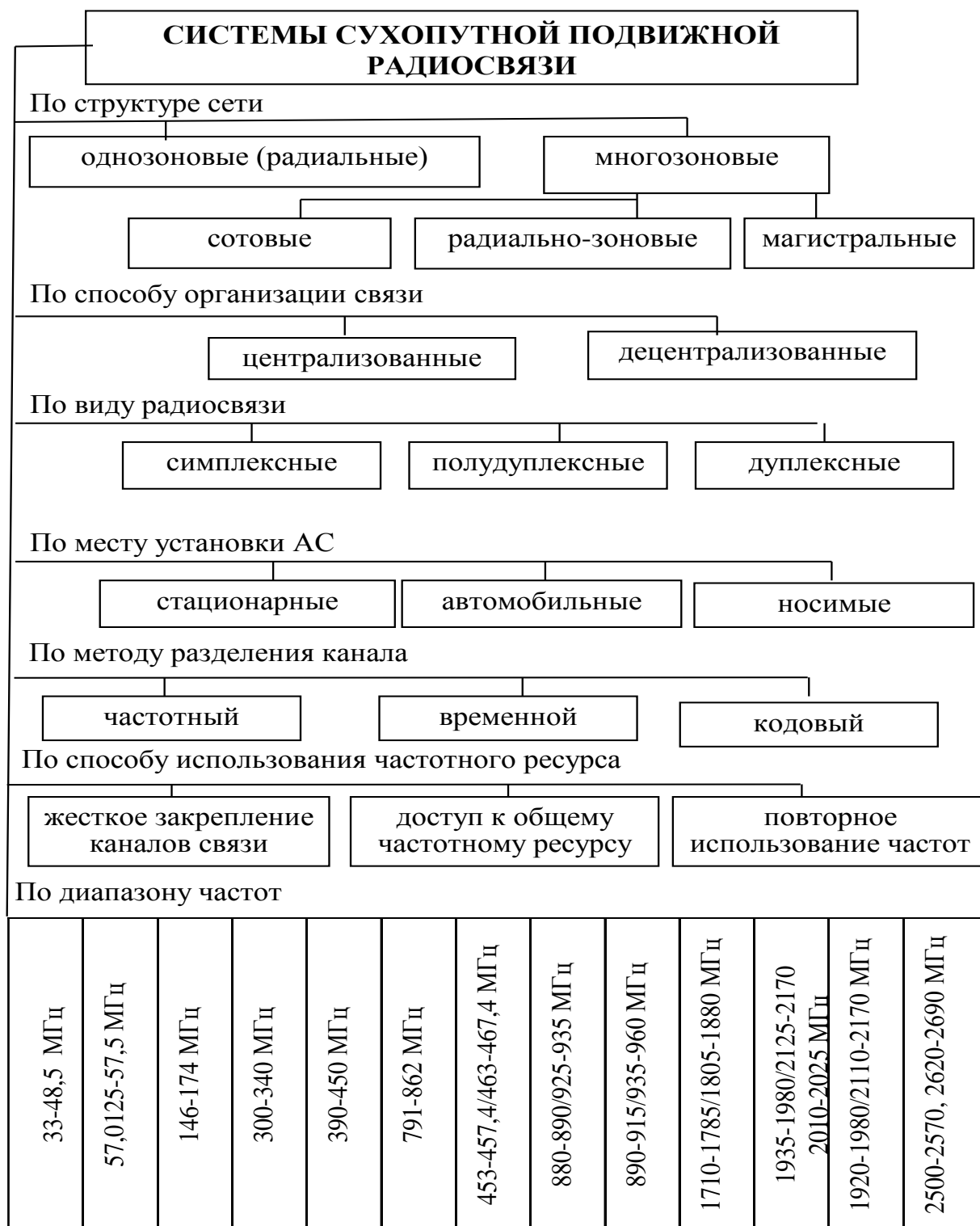


Рис. 1.2. Классификация сетей подвижной радиосвязи

Данное решение наиболее распространено и обладает существенной гибкостью. Используется практически всеми основными потребителями, например МВД, МПС, РАО ЕЭС, нефтегазовым комплексом и др.

Объединение нескольких зон в единую систему позволяет организовать покрытие большей площади. Возможно множество конфигураций и степеней автоматизации подобного объединения. Например, для организации связи вдоль трубопровода, вдоль линий электропередач (низкая плотность абонентов, редко расположенные центры управления) или для организации связи на большой площади (с низкой плотностью абонентов), например, для организации связи для региональных таможенных управлений и др. Как правило, для объединения с различными подсистемами (с диспетчерской системой на базе симплексной радиостанции и/или диспетчерской системой на базе ретранслятора) используется сложный диспетчерский пульт (коммутатор), который и позволяет организовать взаимодействие абонентов между зонами с различной степенью автоматизации (в простейшем случае, коммутация может осуществляться вручную диспетчером).

По способу кодирования служебных сигналов:

- однотоновые;
- двухтоновые;
- пятитоновые;
- цифровые.

По категории обслуживаемых системой связи абонентов:

- профессиональные (служебные, корпоративные) абоненты;
- частные лица;

Данный перечень (см. также и рис. 1.2) не исчерпывают всех возможных системообразующих признаков (можно упомянуть и такие, как диапазон используемых частот, вид модуляции сигналов, способ соединения системы связи с коммутируемой ТФОП, число обслуживаемых абонентов и пр.), однако и его достаточно для демонстрации многообразия существующих видов СПР. Учитывая распространенность существующих типов СПР, а также перспективы их развития, можно предложить следующую систему классификации СПР, основу которой составляют три из перечисленных ранее отличительных признака:

- назначение системы и размер зоны радиопокрытия;
- метод множественного доступа;
- схема дуплекса каналов радиолинии.

В зависимости от назначения системы, объема предоставляемых услуг и размеров зоны обслуживания можно выделить следующие типы СПР (рис.1.1):

- системы персонального радиовызова;
- конвенциональные системы связи;
- транкинговые системы связи;
- сотовые системы связи.

В дальнейшем, рассматривая вопросы частотного обеспечения систем СПР, будем придерживаться именно такой структурной классификации.

По способу организации множественного доступа, т.е. технологии распределения между отдельными каналами связи частотно-временного ресурса, выделяют СПР на основе одной из трех конкурирующих технологий:

- множественный доступ с частотным разделением каналов (FDMA - frequency division multiple access);
- множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA - time division multiple access);
- множественный доступ с кодовым разделением каналов (CDMA - code division multiple access).

Что же касается третьего признака классификации - дуплекс каналов, то различие СПР состоит в способе организации информационного обмена в радиоканале двусторонней связи между абонентами либо между базовой станцией и абонентом. Наибольшее распространение находят системы с организацией дуплексной передачи на основе частотного и временного разделения и их комбинацией.

1.2. Особенности организации систем сухопутной подвижной радиосвязи

1.2.1. Системы персонального радиовызова

В начале 20-х годов прошлого века в США впервые был применен принцип оповещения по радио мобильных подразделений через диспетчера. Позднее, в 30-е годы подобные системы достаточно широко использовались в подразделениях армии и полиции США. Однако только в 1956 году английской фирмой Multitone была разработана и установлена в одной из больниц Лондона первая в мире система персонального радиовызова современного типа.

В СССР подобная связь применялась в отдельных государственных структурах (органы государственного управления, КГБ, некоторые медицинские службы) с конца 60-х гг., однако распространение она получила только с 1979 года в период подготовки к Олимпиаде-80.

Самым известным протоколом пейджинговой связи 1-го поколения является POCSAG (Post Office Code Standardization Advisory Group), одобренный Международным консультативным комитетом по радиосвязи (МККР) в 1982 году. Первоначально он был разработан для передачи цифровых сообщений в СПРВ, но позднее модифицирован с целью обеспечения передачи не только цифровых, но и буквенных сообщений. Протокол поддерживает асинхронную работу каналов связи на фиксированной частоте. В качестве рабочего был выбран диапазон 160 МГц. Протокол POCSAG получил широкое распространение во всем мире.

Со временем стали проявляться недостатки этого протокола, в частности малая скорость передачи, отсутствие сервисных возможностей, недостаточная

помехоустойчивость и т. д. Поэтому были разработаны новые протоколы связи для СПРВ. Это - ERMES в Западной Европе и FLEX - в США. Протокол под названием «расширенная система радиопередачи сообщений» - ERMES (Enhanced Radio Messaging System) был создан в Европейском институте телекоммуникационных стандартов (European Telecommunication Standards Institute - ETSI) в 1986 году, а принят в 1992-м. Уже в 1994 году во Франции была предоставлена первая услуга сетями ПРВ, построенными на его основе. В том же году он был рекомендован Международным союзом электросвязи (МСЭ) в качестве международного.

В протоколе используется 16 каналов с шагом 25 кГц в диапазоне от 169,4 до 169,8 МГц. Он обладает постоянной скоростью передачи данных 6250 бит/с. ERMES поддерживает роуминг, нумерацию сообщений, передачу времени и даты, оптимизацию загрузки системы, может осуществлять динамический групповой вызов.

С ERMES конкурирует американский стандарт FLEX, разработанный компанией Motorola в 1993 году с учетом совместимости с уже используемым протоколом POCSAG. Он применяется в США, Китае и Японии. Протокол поддерживает синхронную работу на трех скоростях: 1600, 3200 и 6400 бит/с. По своим основным характеристикам он близок к ERMES.

Главным преимуществом СПРВ является обеспечение постоянной и качественной связи за приемлемую цену. Часто пейджер используется в качестве информационного устройства (например, чтобы сотовый телефон не беспокоил во время совещаний или вообще в неудобное время). Пейджерная связь обладает уникальными возможностями по передаче информации в реальном масштабе времени по мере ее поступления. Два качества: низкая стоимость и высокие функциональные возможности - способствуют ее популярности в некоторых областях.

Однако, стоит заметить, что в настоящее время СПРВ утратили свою популярность у частных пользователей, уступив место сотовой связи. В основном данные системы применяются в корпоративном секторе в качестве резервного или дублирующего канала связи.

1.2.2. Конвенциональные системы связи

Конвенциональная радиосвязь - это традиционный вариант беспроводной связи, который реализуется радиостанциями, не объединенными в какую-либо техническую систему, обеспечивающую управление ресурсом, сигнализацию и прочие координирующие процедуры.

Сегодня во всем мире эксплуатируются тысячи конвенциональных радиосистем. Системы данного типа были, и продолжают быть наиболее популярным типом систем наземной подвижной радиосвязи.

Отличительные особенности и потребительские качества конвенциональных портативных (носимых) систем связи:

- ручной выбор канала;

- небольшой радиус действия;
- возможность адресного вызова абонента;
- прямая связь между абонентами;
- работа группы абонентов на одной частоте;
- отсутствие мероприятий, связанных с развертыванием системы на местности;
- небольшое число абонентов;
- незащищенность канала от прослушивания;
- минимальная стоимость;
- отсутствие выхода в телефонную сеть.

Основным преимуществом конвенциональной технологии является возможность организации собственной системы связи, не требующей подключения к сети какого-либо оператора и, таким образом, постоянной оплаты его услуг. В то же время, для развертывания полноценной конвенциональной системы следует получить разрешение на использование частотного диапазона, поэтому данный вариант доступен в основном корпоративным потребителям.

По размеру зоны обслуживания конвенциональные системы могут быть однозоновыми и многозоновыми.

Симплексные (или «кустовые») радиосети - это наиболее распространенный вид конвенциональных систем, который уже давно и по настоящее время эксплуатируется большим количеством пользователей. В состав входят, как правило, центральная диспетчерская стационарная радиостанция и некоторое количество носимых и автомобильных радиостанций, работающих на одной частоте и связывающихся непосредственно друг с другом (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Пример структуры симплексной радиосети

Недостатком таких систем является ограниченная зона действия, особенно для носимых радиостанций (не более 3-4 км на равнинной местности). Поэтому большее распространение имеют системы связи с использованием ретранслятора.

Более совершенные системы подобного типа состоят из центральной диспетчерской базовой станции, оборудованной антенной с большой высотой подвеса, и нескольких портативных и автомобильных радиостанций. Эти системы обеспечивают возможность радиосвязи мобильных станций с диспетчером во всей зоне действия (до 50 км) и при удачном расположении базовой антенны от 10-15 км с носимой радиостанцией (рис. 1.4).

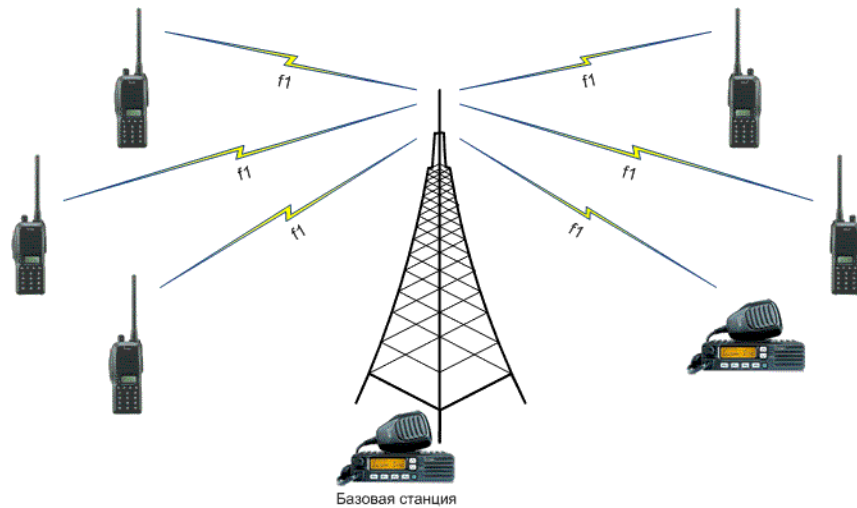


Рис. 1.4. Структура системы подвижной связи с использованием ретранслятора

Для работы системы необходим один канал, например, в диапазонах 136-174 МГц или 403-470 МГц.

В зависимости от типа применяемых радиостанций, возможна организация следующих типов радиосетей:

- радиосети без индивидуального вызова, работающие по принципу «один говорит - все слышат»;

- радиосети с индивидуальным и групповым вызовом. Более совершенный тип сети, в которой возможна работа на одной частоте нескольких групп пользователей без взаимных помех, вызов одного определенного абонента, группы абонентов и общий вызов. Подходит для организации локальных сетей на предприятиях, банках, складах, супермаркетах, а также для использования службами безопасности.

В качестве дополнительного сервиса, системы данного типа могут быть дополнены телефонным интерфейсом, который позволяет абонентам выходить в телефонную сеть.

Достоинства: большой радиус действия для работы используется только одна частота.

Недостатки: мобильные станции могут связываться между собой только на небольшом расстоянии антенна базовой станции должна располагаться там же, где находится базовая станция, а значит, ее не всегда можно расположить на достаточно большой высоте.

Однозонавая система содержит один ретранслятор для обеспечения требуемой зоны действия радиосвязи (рис. 1.5). Когда абоненты находятся в пределах зоны действия ретранслятора, они имеют возможность связаться друг с другом.

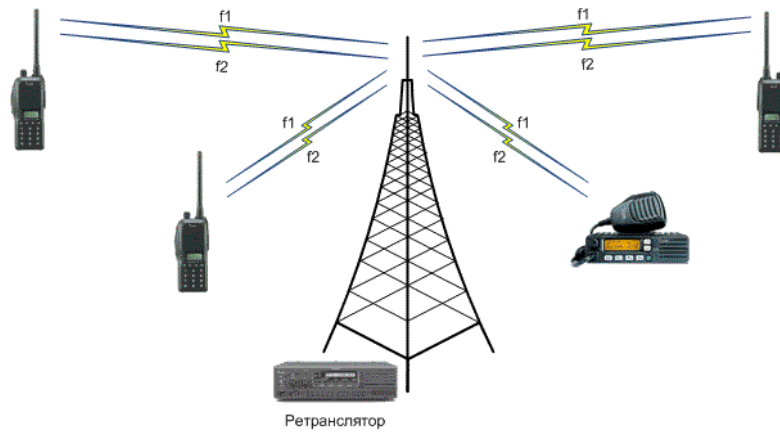


Рис. 1.5. Структура однозоновой системы подвижной радиосвязи

Чем выше над землей установлена антенна ретранслятора, тем больше зона действия радиосвязи.

Диспетчерской радиостанцией может быть любая радиостанция из числа абонентских. Ретранслятор не требует ежедневного обслуживания, и его можно расположить на телевизионных и радиорелейных вышках и т.п. Для работы системы необходимо две частоты (одна для приема, другая для передачи). В диапазоне 137 - 174 МГц разнос между частотами должен быть 3,5 - 7 МГц, в диапазоне 400 - 470 МГц - 6-10 МГц. В системе с ретранслятором возможно использование индивидуального и группового вызова аналогично системам малого радиуса действия. При необходимости охватить радиосвязью большие площади, возможна установка сети ретрансляторов.

Достоинства: большой радиус действия возможность размещения антенны ретранслятора на самых высоких точках.

Недостатки: необходимость использования двух частот, более дорогое оборудование базовой станции.

Многозоновые системы для расширения дальности действия радиосвязи обычно содержат несколько приемных и передающих зон, т.е. подобную организацию связи можно рассматривать как совокупность однозоновых систем, объединенных в одну общую сеть (рис. 1.6). С помощью специальных контроллеров обеспечивается работа абонентов в разных зонах. При этом используются следующие методы: разнесенный прием, синхронное или множественное вещание, увеличение зоны обслуживания.

Разнесенный прием - расширение зоны охвата однозоновой системы за счет подключения к системе нескольких приемников, удаленных от мощной центральной приемопередающей зоны. Данный метод применяется при использовании маломощных носимых радиостанций для получения хорошего качества радиосвязи по всей территории. Приемники могут быть установлены в отдаленных районах или зданиях, которые находятся вне уверенной зоны приема системы. Также в систему добавляется компаратор сигнала, который выбирает наилучший сигнал от всех приемников и направляет его на передатчик.

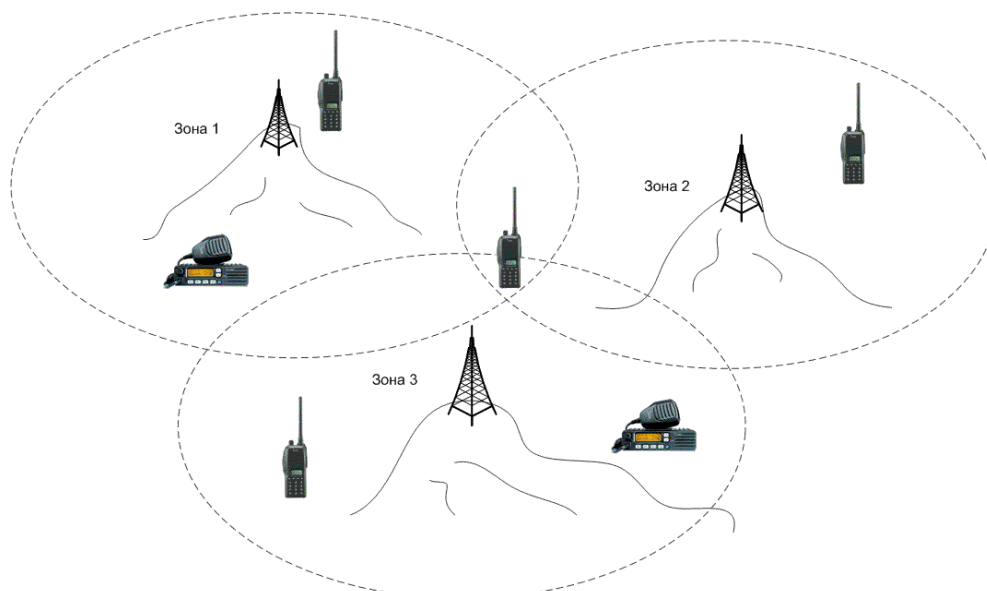


Рис. 1.6. Структура многозоновой сети

Синхронное вещание - применяется, когда необходима связь на большой географической площади. Системы синхронного вещания обеспечивают большую площадь охвата радиосвязью за счет нескольких приемопередающих зон, работающих на одной частоте. Поскольку зоны действия системы синхронного вещания обычно перекрываются, образуя одну большую зону, пользователи имеют связь независимо от места нахождения. Системы такого типа могут обеспечить радиосвязью большой город, область или небольшое государство. Основными достоинствами систем этого типа является использование одной частоты для всей системы и отсутствие необходимости переключения каналов на радиостанции при перемещении между зонами. Однако есть и один большой недостаток - необходимость синхронизации частот передатчиков для исключения интерференционных искажений в местах перекрытия зон, а это довольно дорогостоящая задача.

Множественное вещание подобно системам синхронного вещания. В системах данного типа для расширения площади охвата действия радиосвязи применяются перекрывающиеся зоны, использующие разные частоты. Это приводит к упрощению базового оборудования и его стоимости, но требует переключения каналов при перемещении из одной зоны в другую.

В силу простоты реализации для решения задач подвижной связи широко применяются **конвенциональные системы, которые строятся по принципу «точка-точка» и «звезда» (с базовой радиостанцией) без выхода в телефонные сети общего пользования.**

Основными производителями оборудования являются компании Motorola, Standard, Kenwood, Icom, Yaesu (Vertex), Alinco и др.

К конвенциональным системам связи можно отнести и оборудование технологии **GSM-R (Global System for Mobile communications - Railway)** - подсистема ERTMS (European Rail Traffic Management System). Это беспроводная коммуникационная платформа для железных дорог,

реализованная на основе GSM, разработанная EIRINE (Европейская модернизированная интегрированная сеть радиосвязи на железных дорогах).

Технология GSM-R позволяет перевести поездную и маневровую радиосвязь на новую мощную унифицированную цифровую системную платформу и призвана заменить более трех десятков разнородных систем радиосвязи.

Оборудование GSM-R позволяет обеспечить непрерывную связь машиниста с диспетчером при скорости подвижного состава до 350 км/ч и поэтому позволяет снять один из основных барьеров на пути создания высокоскоростных поездов. Потенциал GSM-R не ограничивается телефонной связью. Технология GSM-R, как и GSM, интегрируется с GPRS для предоставления услуг на основе пакетной коммутации. Благодаря этому возможно в режиме реального времени получать телеметрическую информацию с любого локомотива, любой станции или перегона дороги. Информация о местоположении и скорости поезда передается по сети GSM-R в центр управления, что позволит полностью автоматизировать процесс регулирования движения поездов. Применение такой системы в пассажирском комплексе многократно повысит безопасность пассажирских перевозок. Основные производители решения GSM-R: Nokia Siemens Networks, Nortel и Huawei Networks.

Отдельно надо отметить решения конвенциональной радиосвязи на базе стандарта **DMR (Digital Mobile Radio)**.

В апреле 2005 г. вышел первый релиз стандарта DMR - ETSI TS 102 361 [7] описывающий радиоинтерфейс (часть 1), а также голосовые и базовые функциональные особенности стандарта (часть 2). В январе 2006 г. добавилась третья часть стандарта DMR, описывающая протокол передачи пакетных данных. Серийные образцы радиостанций, удовлетворяющих требованиям первых трех частей стандарта DMR на диапазон 403-470 МГц появились в середине 2007 г., а на диапазон 136-174 МГц в октябре–ноябре 2007 г.

В основе технологии DMR лежат механизмы TDMA, что позволяет разместить два временных интервала (независимых логических канала) на одной частотной несущей с сеткой частот 12,5 кГц. Тип модуляции - 4FSK (четырёхуровневая частотная манипуляция).

Применение оборудования стандарта DMR возможно в классических диапазонах 136-174 МГц и 403-470 МГц, а также во всем спектре частот от 50 МГц до 999 МГц. Причем дуплексный разнос, для решений с применением точки ретрансляции допускается любой, в том числе классические 4,6 МГц для диапазона 160 МГц и 45 МГц для диапазона 900 МГц.

Стандарт DMR постоянно совершенствуется, реализуя функциональный набор, ранее нехарактерный для сектора средств конвенциональной радиосвязи. К основным функциональным возможностям цифрового стандарта DMR следует отнести:

- цифровую обработку сигнала;
- управление аккумуляторной батареей;

- приоритетный аварийный вызов;
- удаленный контроль;
- опциональное шифрование;
- одновременную передачу голоса и данных (в том числе пакетных);
- работу в аналоговом режиме, что особенно актуально при постепенной миграции аналоговых конвенциональных систем.

Типы вызовов реализуемых в рамках стандарта DMR:

- индивидуальный вызов «радиостанция – радиостанция»;
- групповой вызов «радиостанции – группа радиостанций»;
- групповой вызов «радиостанция – все радиостанции»;
- передача пакетных данных с канальной скоростью 2 кбит/с.

Стандарт DMR отличает быстрое установление вызова (до 200 мс) и поддержка режима «поздний вход» для групповых вызовов.

Основным производителем оборудования стандарта DMR является компания Motorola.

В России широко применяется отечественная технология подвижной радиосвязи **Цитран**, в котором используется возможность одновременной реализации как аналоговых так и цифровых каналов, что упрощает переход от аналоговой радиосвязи к цифровой. В цифровых каналах временное разделение каналов допускает до четырех одновременных разговоров в одном канале шириной 25 кГц.

1.2.3. Транкинговые системы связи

При большом количестве абонентов или высокой интенсивности связи может потребоваться установка нескольких ретрансляторов в одной точке. При закреплении каждого ретранслятора за определенной группой абонентов часто может создаваться ситуация, когда один ретранслятор перегружен, в то время как другой не используется. Увеличения эффективности использования каналов связи и пропускной способности группы ретрансляторов можно добиться на основе использования принципа свободного доступа абонентов к общему частотному ресурсу, получившему название «транкинг (или транк)» (trunking - объединение в пучок).

Более строгое определение можно дать следующим образом: под термином «транкинг» понимается метод доступа абонентов к общему выделенному пучку каналов, при котором свободный канал выделяется абоненту на время сеанса связи. В соответствии с этим **транкинговыми системами называются радиально-зонавые системы сухопутной подвижной радиосвязи, осуществляющие автоматическое распределение каналов связи ретрансляторов (базовых станций) между абонентами.**

Транкинговые сети включают инфраструктуру стационарного оборудования и абонентские станции. Основным элементом инфраструктуры сети транкинговой радиосвязи является базовая станция, включающая несколько ретрансляторов с соответствующими антенными и контроллер,

который управляет работой БС, коммутирует каналы ретрансляторов, обеспечивает выход на ТфОП или другую сеть фиксированной связи.

Сеть транкинговой радиосвязи может содержать одну БС (однозоновая сеть) или несколько БС (многозоновая сеть). Многозоновая сеть обычно содержит соединенный со всеми БС по выделенным линиям межзональный коммутатор, который обрабатывает все виды межзональных вызовов.

Современные транкинговые системы, как правило, обеспечивают различные типы вызова (групповой, индивидуальный, широковещательный), допускают приоритетные вызовы, имеют доступ к ТфОП, обеспечивают возможность передачи данных и режим прямой связи между абонентскими станциями (без использования канала БС).

Существует большое количество различных стандартов транкинговых систем подвижной радиосвязи общего пользования, отличающихся друг от друга методом передачи речевой информации (аналоговые и цифровые), типом многостанционного доступа, способом поиска и назначения канала (с децентрализованным и централизованным управлением), типом канала управления (выделенный и распределенный) и другими характеристиками.

В настоящее время и в мире, и в России еще имеются появившиеся ранее аналоговые транкинговые системы радиосвязи. Наибольшее распространение получили системы МРТ1327, что объясняется значительными преимуществами данного стандарта по сравнению с другими аналоговыми системами.

Протокол МРТ-1327 разработан под эгидой Департамента торговли и промышленности Великобритании при участии ряда ведущих производителей радиооборудования, его спецификации опубликованы в январе 1988 г. В середине 90-х гг. системы протокола МРТ-1327 стали активно внедряться в России и остаются популярны и по сей день.

Спецификации МРТ-1327 определяют только эфирный протокол обмена между транкинговыми контроллерами и абонентскими радиостанциями, не накладывая никаких ограничений на инфраструктуру самой сети и могут использоваться для создания крупных сетей оперативной радиосвязи с практически неограниченным числом абонентов.

Основное достоинство систем протокола МРТ-1327 - приемлемая стоимость и отработанные технические и сервисные решения.

Главные функциональные возможности:

- индивидуальный вызов мобильной радиостанции;
- широковещательный вызов, при котором вызываемые абоненты могут только слушать информацию;
- вызов группы абонентов;
- приоритетный и аварийный вызовы;
- вложенный вызов, позволяющий включать других абонентов в существующий разговор;
- соединение с абонентами городской и ведомственной телефонных сетей;

- переадресация входящих вызовов пользователем радиостанции на другого абонента;
- постановка вызовов на очередь;
- защита от несанкционированного доступа.

Практически во всех случаях системы МРТ-1327 работают в диапазоне частот 136-174, 300-308, 336-344 и 400-460 МГц в полосах, определенных действующими решениями ГКРЧ для построения транкинговых сетей подвижной радиосвязи. Возможно изготовление оборудования и в других диапазонах ОВЧ и УВЧ.



Рисунок 1.7. – Состав базового оборудования протокола МРТ 1327

Оборудование протокола МРТ-1327 включает в свой состав (рис.1.7):

- многоканальные базовые радиостанции;
- коммутатор (может подключаться к телефонной сети общего пользования или к телефонным ведомственным сетям, к нему подключаются рабочие места администратора и диспетчеров сети);
- рабочие места администратора и диспетчеров сети (персональные компьютеры).

Современные базовые радиостанции характеризуются высоким качеством схемотехнических параметров. Обработка сигналов в ретрансляторах осуществляется, как правило, процессорами DSP (цифровой процессор сигналов). Ретрансляторы имеют модульную структуру и унифицированные интерфейсы. Некоторые модели могут работать в двух-модовом режиме (аналоговый и цифровой), что позволяет обеспечивать при переходе к цифровым технологиям этапность строительства сетей.

Коммутатор - ключевой элемент сети протокола МРТ-1327. Именно в коммутаторе реализуются функции управления и контроля состояния сети, сопряжения с внешними сетями через типовые интерфейсы, обеспечения требуемой функциональности диспетчерских решений. В протоколе не сертифицированы межсистемные интерфейсы, что не позволяет

сосуществовать в единой сети различным производителям. Однако на уровне абонентского оборудования межсистемных проблем практически нет.

Рабочее место администратора сети позволяет контролировать и редактировать базу данных абонентов, корректировать права абонентов (максимально разрешенную длительность сеансов связи, приоритет, разрешенные типы соединений и т. д.), запрещать и разрешать работу абонентов, контролировать работу тарификатора. Рабочее место диспетчера сети позволяет дистанционно контролировать работоспособность оборудования сети, обрабатывать сбойные и аварийные ситуации, осуществлять выборочный контроль абонентов, изменять сообщения речевого сервиса, организовать соединение с любым абонентом или группой абонентов, осуществлять рассылку циркулярных сообщений всем или группам абонентов сети.

В качестве абонентского оборудования могут быть использованы любые возимые и носимые радиостанции протокола MPT-1327.

В последние годы происходит активная замена аналогового транкингового оборудования на цифровое. Цифровые транкинговые системы по сравнению с аналоговыми имеют ряд преимуществ за счет реализации требований по повышенной оперативности и безопасности связи, предоставления широких возможностей по передаче данных, более широкого спектра услуг связи (включая специфические услуги связи для реализации специальных требований служб общественной безопасности), возможностей организации взаимодействия абонентов различных сетей.

1. Высокая оперативность связи. Прежде всего, это требование означает минимально возможное время установления канала связи (время доступа) при различных видах соединений (индивидуальных, групповых, с абонентами телефонных сетей и пр.). В конвенциональных системах связи при передаче цифровой информации, требующей временной синхронизации передатчика и приемника, для установления канала связи требуется большее время, чем аналоговой системе. Однако для транкинговых систем радиосвязи, где информационный обмен, в основном, производится через базовые станции, цифровой режим сравним по времени доступа с аналоговым (и в аналоговых, и в цифровых системах радиосвязи, как правило, канал управления реализуется на основе цифровых сигналов).

Кроме этого, в системах цифровой транкинговой радиосвязи более просто реализуются различные режимы связи, повышающие ее оперативность, такие как режим непосредственной (прямой) связи между подвижными абонентами (без использования базовой станции), режим открытого канала (выделения и закрепления частотных ресурсов сети за определенной группой абонентов для ведения ими в дальнейшем переговоров без выполнения какой-либо установочной процедуры, в т. ч. без задержки), режимы аварийных и приоритетных вызовов и др.

2. Передача данных. Цифровые системы транкинговой радиосвязи лучше приспособлены к различным режимам передачи данных, что

предоставляет абонентам цифровых сетей широкие возможности оперативного получения сведений из централизованных баз данных, передачи необходимой информации, включая изображения, организации централизованных диспетчерских систем местоопределения подвижных объектов на основе спутниковых радионавигационных систем. Скорость передачи данных в цифровых системах значительно выше, чем в аналоговых.

В большинстве систем радиосвязи на основе цифровых стандартов реализуются услуги передачи коротких и статусных сообщений, персонального радиовызова, факсимильной связи, доступа к фиксированным сетям связи (в т. ч. работающим на основе протоколов TCP/IP).

Цифровые системы транкинговой радиосвязи лучше приспособлены к различным режимам передачи данных, что предоставляет, например, сотрудникам правоохранительных органов и служб общественной безопасности широкие возможности оперативного получения сведений из централизованных баз данных, передачи необходимой информации, включая изображения с мест происшествий, организации централизованных диспетчерских систем местоопределения подвижных объектов на основе спутниковых радионавигационных систем. Также системы позволяют потребителям нефтегазового комплекса использовать их не только для передачи голосовой связи, но и для передачи телеметрии и телеуправления.

3. Безопасность связи. Включает в себя требования по обеспечению секретности переговоров (исключение возможности извлечения информации из каналов связи кому-либо, кроме санкционированного получателя) и защиты от несанкционированного доступа к системе (исключение возможности захвата управления системой и попыток вывести ее из строя, защита от «двойников» и т. п.). Как правило, основными механизмами обеспечения безопасности связи является шифрование и аутентификация абонентов.

Естественно, что в системах цифровой радиосвязи по сравнению с аналоговыми системами гораздо легче обеспечить безопасность связи. Даже без принятия специальных мер по закрытию информации цифровые системы обеспечивают повышенный уровень защиты переговоров (аналоговые сканирующие приемники непригодны для прослушивания переговоров в системах цифровой радиосвязи). Кроме того, некоторые стандарты цифровой радиосвязи предусматривают возможность сквозного шифрования информации, что позволяет использовать оригинальные (т. е. разработанные самим пользователем) алгоритмы закрытия речи.

Цифровые системы транкинговой радиосвязи позволяют использовать разнообразные механизмы аутентификации абонентов: различные идентификационные ключи и SIM-карты, сложные алгоритмы аутентификации, использующие шифрование, и т. п.

4. Услуги связи. Цифровые транкинговые системы реализуют современный уровень сервисного обслуживания абонентов сетей связи, предоставляя возможности автоматической регистрации абонентов, роуминга,

управления потоком данных, различных режимов приоритетного вызова, переадресации вызова и т. д.

Наряду со стандартными функциями сетевого обслуживания по заявкам правоохранительных органов в стандарты цифровой транкинговой радиосвязи часто включают требования по наличию специфических услуг связи: режиму вызова, поступающему только с санкции диспетчера системы; режиму динамической модификации групп пользователей; режиму дистанционного включения радиостанций для акустического прослушивания обстановки и т. д.

5. Возможность взаимодействия. Цифровые системы радиосвязи, имеющие гибкую структуру адресации абонентов, предоставляют широкие возможности как для создания различных виртуальных сетей в рамках одной системы, так и для организации при необходимости взаимодействия абонентов различных сетей связи. Для служб общественной безопасности особенно актуальным является требование по обеспечению возможности взаимодействия подразделений различных ведомств для координации совместных действий при чрезвычайных ситуациях: стихийных бедствиях, террористических актах и т. п.

К наиболее популярным, заслужившим международное признание стандартам цифровой транкинговой радиосвязи, на основе которых во многих странах развернуты системы связи, относятся:

- TETRA, разработанный Европейским институтом телекоммуникационных стандартов;
- EDACS, разработанной фирмой Ericsson;
- APCO 25, разработанный Ассоциацией официальных представителей служб связи органов общественной безопасности;
- Tetrapol, разработанный фирмой Matra Communication (Франция);
- iDEN, разработанный фирмой Motorola (США);
- Цитран-1, разработанный ЗАО «Сетевые технологии» (Россия).

Все эти стандарты отвечают современным требованиям к системам транкинговой радиосвязи. Они позволяют создавать различные конфигурации сетей связи: от простейших локальных однозоновых систем до сложных многозоновых систем регионального или национального уровня. Системы на основе данных стандартов обеспечивают различные режимы передачи речи (индивидуальная связь, групповая связь, широковещательный вызов и т. п.) и данных (коммутируемые пакеты, передача данных с коммутацией цепей, короткие сообщения и т. п.), а так же возможность организации связи с различными системами по стандартным интерфейсам (с цифровой сетью с интеграцией услуг, с телефонной сетью общего пользования, с учрежденческими АТС и т. д.). В системах радиосвязи указанных стандартов применяются современные способы преобразования голоса, совмещенные с эффективными методами помехоустойчивого кодирования информации. Производители радиосредств обеспечивают соответствие их стандартам MIL STD 810 по различным климатическим и механическим воздействиям.

Среди вышеперечисленных стандартов цифровой транкинговой радиосвязи **наибольшее распространение в настоящее время получил стандарт TETRA - TErrestrial Trunked Radio** (наземная транкинговая радиосвязь), разработанный ETSI в 1989 году. Стандарт состоит из двух частей: TETRA V+D (система, в которой обеспечены передача речи и обмен данными) и TETRA PDO (система, оптимизированная только для обмена данными).

В 2000 г. специалисты ETSI завершили разработку спецификаций первой стадии стандарта и приступили к созданию второй – TETRA Release 2 (R2), направленной на увеличение скорости передачи данных, межсистемное взаимодействие и роуминг с сетями UMTS/3G, повышение эффективности сетей связи, расширение возможных зон обслуживания сетей TETRA и т. д. TETRA R2 включает в себя две спецификации: TAPS (TETRA Advanced Packet Service - высокоскоростной сервис пакетной передачи данных) и TEDS (High Speed Data TETRA Advanced Packed Data - высокоскоростной улучшенный сервис пакетной передачи данных).

Стандарт TETRA предусматривает эффективное использование радиочастотного спектра. Радиоинтерфейс позволяет организовать четыре практически одновременных логических соединения на одном частотном канале в полосе 25 кГц за счет применения в нем компрессии речевого потока с высокой степенью сжатия данных и технологии TDMA. При этом требуемое количество пар радиочастот по сравнению с аналоговой транкинговой системой уменьшено в четыре раза. Это преимущество особенно актуально при существующей большой загрузке радиочастотного спектра, а также сложности, длительности и дороговизне процедуры получения разрешения на использование радиочастот в условиях российской действительности.

В рассматриваемом стандарте специфицированы не только передача речи, но и обмен данными в режимах коротких сообщений, коммутации каналов и коммутации пакетов, что позволяет реализовать доступ к сети Интернет по протоколу IP с использованием TCP/IP-сервиса. Это открывает возможности использования целого ряда приложений: электронная почта, гипертекст, передача файлов, WAP, телеметрия, мониторинг местоположения мобильных объектов, передача видеоизображений и т. д.

Стандарт TETRA обеспечивает быстрый доступ к каналам связи и установление соединений. Время установления соединения с конкретным абонентом составляет при индивидуальном вызове около 0,2 с и при групповом 0,17 с. Для сравнения - в сетях сотовой связи значения аналогичного параметра варьируются от 10 до 30 с.

Системы стандарта TETRA могут функционировать в 3-х основных режимах:

- транкинговой связи - обслуживаемая территория перекрывается зонами действия базовых станций. В системах можно либо использовать только распределенный канал управления, либо организовывать его сочетание с выделенным частотным каналом управления;

- с открытым каналом - группа пользователей без какой-либо установочной процедуры может осуществлять соединение «точка-многоточие». Любой абонент может в любой момент использовать этот канал, присоединившись к группе;

- непосредственной (прямой) связи - между терминалами устанавливаются соединения «точка-точка» и «точка-многоточие» без передачи сигналов через базовые приемопередающие станции.

Мобильные станции могут работать в так называемом режиме «двойного наблюдения», т.е. принимать сообщения и от абонентов, работающих в режиме транкинговой связи, и от абонентов, работающих в режиме прямой связи. С целью расширения зоны обслуживания сети предусматривается использование ретрансляторов, автономных цифровых репитеров, подвижных базовых станций, а также шлюзов к другим сетям.

По рекомендации Ассоциации европейской полиции (Schengen Group) в стандарт включены дополнительные услуги:

- вызов, санкционированный диспетчером (вызовы поступают только с разрешения диспетчера);

- приоритетный доступ (если сеть перегружена, имеющиеся в наличии ресурсы выделяются в соответствии со схемой приоритетов);

- приоритетный вызов (очередность обслуживания вызовов по схеме приоритетов);

- приоритетное прерывание обслуживания вызовов (прерывание обслуживания вызовов с низким приоритетом, если ресурсы системы исчерпаны);

- избирательное прослушивание (перехват поступающего вызова без влияния на работу других абонентов);

- дистанционное прослушивание (дистанционное включение абонентской радиостанции на передачу для прослушивания окружающей обстановки в месте нахождения абонента);

- динамическая перегруппировка (динамическое создание, модификация и удаление групп пользователей) идентификация вызывающей стороны.

Стандарт TETRA обеспечивает два уровня безопасности передаваемой информации. Стандартный уровень шифрования радиointерфейса предусматривает механизмы аутентификации абонента и инфраструктуры, обеспечивает конфиденциальность трафика. Дополнительную защиту в процессе ведения сеанса связи обеспечивает возможность переключения информационных каналов и каналов управления. Высокий уровень разработан по требованию спецпользователей. Этот уровень предусматривает сквозное шифрование между стационарными и мобильными абонентами, которое обеспечивает защиту речи и данных в любой точке линии связи. Следует отметить, что стандарт TETRA предусматривает только интерфейс для сквозного шифрования, обеспечивая тем самым возможность использования ведомственных алгоритмов защиты информации.

Стандарт TETRA предусматривает обеспечение речевой и документальной связи с заданными качеством и надежностью как между отдельными абонентами, так и между группами абонентов, решающих общие задачи. Передача данных обеспечивается путем передачи коротких и факсимильных сообщений, обмена данными, в том числе и GPS-навигации и передачи видеоизображений и телеметрии.

Особое внимание уделяется обеспечению надежной и устойчивой связи. В сети TETRA применяют распределенную архитектуру, а также используют режим аппаратного резервирования, который гарантирует устойчивость системы к отказам отдельных компонентов и линий связи при возникновении в ней нестандартных ситуаций. При этом аппаратные отказы несущественно влияют на работу системы. Поскольку логика коммутации распределена по всем сайтам, в случае возникновения неисправности в одном из них остальные продолжают функционировать.

Постоянная готовность системы связи стандарта TETRA достигается путем оптимального планирования сети и управления ее сетевыми ресурсами, установкой приоритетов, а также с помощью поддержки режима открытого канала.

Связь с внешними сетями в рассматриваемом стандарте предусматривает шлюзы к таким сетям, как PABX (Private Automatic Branch Exchange - учрежденческая АТС), PSTN (Public Switched Telephone Network - ТФОП), ISDN (цифровая сеть с интеграцией услуг), PDN (Public Data Network - сеть передачи данных общего пользования) (рис. 1.8). Реализовано взаимодействие с системами мобильной связи цифровых стандартов GSM, TETRAPOL, а также аналогового MPT-1327.

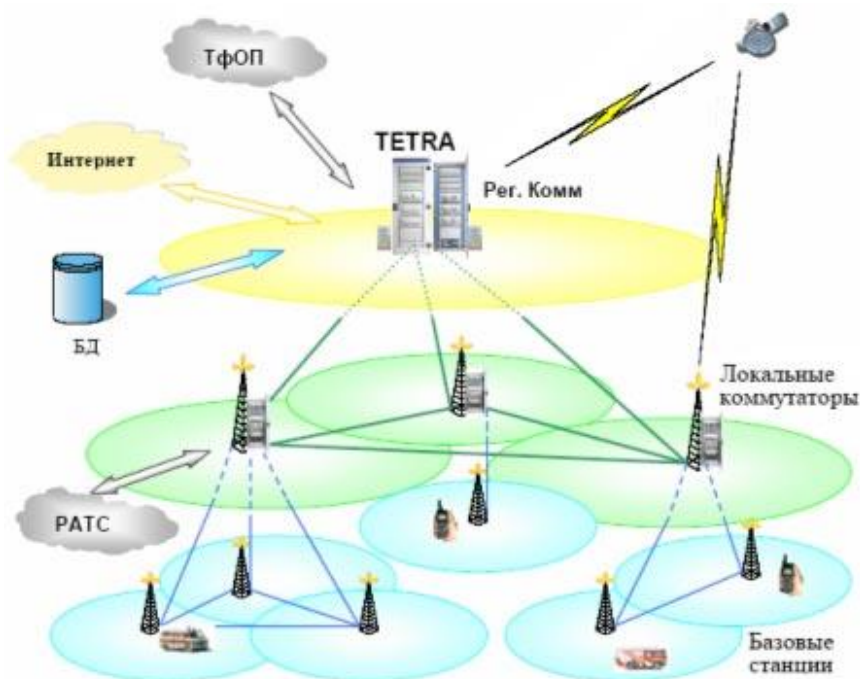


Рисунок 1.8. – Структура сети связи TETRA

Важно также отметить, что выделенные в рамках одной сети связи TETRA абонентские группы могут принадлежать к различным структурам и работать, не мешая друг другу. Для многих пользователей востребованным будет такая услуга, как создание VPN-сетей, которые могут строиться на собственном оборудовании, собственном терминале управления с использованием индивидуальной схемы нумерации абонентов.

Таким образом, стандарт TETRA реализует требования к современной системе мобильной связи, которую можно использовать как в качестве основы для построения региональной сети мобильной связи (общего пользования), так и для построения сети профессиональной мобильной связи с определенным набором специальных функциональных возможностей.

Стандарт Цитран-1 (цифровой транкинг) предложен нашими специалистами на основе учета опыта применения ранее разработанных стандартов и, вместе с тем, оптимизирован под реальные задачи модернизации СПС «Гранит» при минимальной стоимости оборудования, возможности достижения предельных дальностей связи, что очень важно при низкой плотности абонентов. В отличие от всех других стандартов, выбран асимметричный радиопrotocol базовой и абонентской станций.

Протокол БС имеет выделенный канал управления и временное разделение каналов, а АС – частотное разделение. Частотный разнос между соседними каналами связи БС составляет 25 кГц. При этом для совместимости с аналоговыми средствами связи на границах диапазона необходима защитная полоса 25 кГц. Частотный разнос между соседними каналами связи АС составляет 12.5 кГц, при этом защитных интервалов не требуется.

Скорость передачи информации в канале связи от БС составляет 24 кбит/с, от АС 6.8 кбит/с. Передача информации организуется кадрами длительностью 30 мс. Кадры объединяются в суперкадры переменной длительности до 2 с. Информация подвергается сложной обработке, включающей блочное кодирование, скремблирование, дифференциальное кодирование и окончательное формирование кадра.

Предусмотрен ряд режимов экономии электропитания АС и БС: режим дежурного приема АС с низким потреблением, адаптивная регулировка мощности АС и БС, прерывистая работа БС.

В системе используется GMSK модуляция с индексом 0,3.

Для преобразования речи в стандарте применяется кодек ACELP, аналогичный кодеку стандарта TETRA. Скорость преобразования составляет 4600 бит/с.

В стандарте не предусмотрен режим прямой связи, что определяется большим разнесом имеющихся полос частот.

Стандартом поддерживается два основных вида информационного обмена: передача речи и передача данных.

Службы речевой связи позволяют осуществлять, групповой вызов, индивидуальный вызов, аварийный вызов.

Службы передачи данных предоставляют ряд услуг, поддерживаемых заложенными в радиотерминалах функциями, таких, как межабонентский обмен сообщениями в режиме точка-точка по интерфейсу RS232 со скоростью 4.8 кбит/с, доступ к пакетным сетям в соответствии с протоколом IP, передача коротких сообщений, передача статусных вызовов.

В стандарте предусмотрены стандартные сетевые процедуры, обеспечивающие обслуживание до 1000000 абонентов: аутентификация абонента, роуминг, приоритетный вызов. Стандарт предоставляет пользователям ряд дополнительных услуг, которые позволяют эффективно реализовывать требования к СПРС специального назначения. К числу таких услуг относятся:

- приоритетный вызов;
- одновременная передача речи и данных;
- переадресация вызова (условная, безусловная);
- конференц-связь;
- идентификация вызывающей стороны;
- речевые сообщения;
- возможность сквозного шифрования информации в соответствии с «Дифференцированными требованиями..» для СПС «Гранит».

Обобщенные технические характеристики систем стандартов TETRA, APCO 25, Tetrapol, Цитран-1 представлены в табл. 1.1.

Необходимо отметить, что все рассматриваемые стандарты имеют высокие (применительно к данному классу систем подвижной связи) технические показатели. Они позволяют создавать сети связи различной конфигурации, обеспечивают разнообразные режимы передачи речи и данных, связь с ТФОП и фиксированными сетями. В средствах радиосвязи данных стандартов используются эффективные методы речепреобразования и помехоустойчивого кодирования информации. Все стандарты обеспечивают высокую оперативность связи.

Все стандарты состоят из двух больших частей – протокола радиодоступа и уровня системы. Так как уровень системы определяется общей идеологией построения сетей связи, то он похож в различных стандартах. Поэтому сравним протоколы радиодоступа. В этой связи представляется целесообразным провести сравнительный анализ стандартов TETRA, APCO25 и Цитран-1.

Спектральная эффективность. Этот показатель наиболее высок у TETRA, так как стандарт разрабатывался для условий высокой плотности абонентов, хотя характеристики излучения по соседнему каналу делают не очень желательными размещение в соседнем канале другой системы связи. APCO25 имеет в 2 раза худшую эффективность, фаза 2 стандарта с хорошей эффективностью не реализована из-за потерь дальности. «Цитран-1» находится посередине, имея эффективность излучения при построении системы с непрерывным покрытием 10 кГц на разговор. Эти данные приближительны, так как для больших систем эффективность определяется внутрисистемной интерференцией.

Таблица 1.1

Хар-ка стандарта (системы) связи	TETRA	APCO 25	Tetrapol	Цитран-1
Разработчик стандарта	Европейский институт телекоммуникационных стандартов	Ассоциация официальных представителей служб связи органов общественной безопасности	Matra Communications (Франция)	Компания Сетевые Технологии
Статус стандарта	открытый	открытый	корпоративный	корпоративный
Основные производители радиосредств	Nokia, Alcatel, Motorola, OTE	Motorola, E.F.Johnson Inc., Transcrypt, ADI Limited	Matra, Nortel, CS Telecom	Компания СТ, возможно применение стандартных приемопередатчиков.
Возможный диапазон рабочих частот, МГц	150 – 900	138-174; 406-512; 746-869	70-520	Стандартный 385-388/442-450. Возможный 140-900.
Разнос между частотными каналами, кГц	25	12,5; 6,25	12,5; 10	25/12.5
Эффективная полоса частот на один речевой канал, кГц	6,25	12,5; 6,25	12,5; 10	12.5 для однозонавой, 10 для многозонавой.
Вид модуляции	л/4-DQPSK	C4FM (12,5 кГц) CQPSK (6,25 кГц)	GMSK (BT=0,25)	GMSK (BT=0.3)
Метод речевого кодирования и скорость речепреобразования	ACELP (4,6 Кбит/с)	IMBE (4,4 Кбит/с)	RPCELP (6 Кбит/с)	ACELP (4.6 Кбит/с)
Скорость передачи информации в радиоканале, Кбит/с	36	9.6	8	24 от БС, 6.8 от АС
Скорость передачи данных пользователя, Кбит/с	7.2 без защиты, 4.8 с защитой, до 28.8 при использовании специальных АС	4.8	4.8	4.8, до 19 от БС в режиме пакетной передачи

Хар-ка стандарта (системы) связи	TETRA	APCO 25	Tetrapol	Цитран-1
Время установления канала связи, с	0,2 с - при индив. вызове (min); 0,17 с -при групповом вызове (min)	0,25 - в режиме прямой связи; 0,35 -в режиме ретрансляции; 0,5 - в радиоподсистеме	не более 0,5	Не более 0.3, в режиме экономии питания до 0.7
Метод разделения каналов связи	МДВР4 (с использованием частотного разделения в многозоновых системах)	МДЧР	МДЧР	МДВР4 / МДЧР
Вид канала управления	выделенный или распределенный (в зависимости от конфигурации сети)	выделенный	выделенный	выделенный
Возможности шифрования информации	1) стандартные алгоритмы; 2) сквозное шифрование	4 уровня защиты информации	1) стандартные алгоритмы; 2) сквозное шифрование	1) стандартный национальный алгоритм 2) сквозное шифрование

Дальность связи. Эта характеристика является важнейшей для большинства районов боевых действий в связи с малой плотностью абонентов в них и неразвитостью инфраструктуры. Дальность связи определяется энергетикой АС и при прочих равных условиях излучаемой мощностью на 1 бит. По этому показателю Цитран-1 наилучший и обеспечивает превышение над TETRA на 7 дБ. Кроме того, модуляция с постоянной огибающей позволяет при той же пиковой мощности АС получить выигрыш примерно на 3 дБ. Это дает увеличение дальности в 1.5 раза или увеличение площади покрытия в 2 раза. По сравнению с APCO25 дальность будет примерно одинакова. Одновременно можно заметить, что при покрытии большой территории снижение количества БС в 2 раза дает уменьшение стоимости инфраструктуры тоже в 2 раза.

Качество речи. Все рассматриваемые стандарты обладают похожим или идентичным качеством речи.

Скорость передачи данных. По этому показателю все стандарты обладают довольно скромными возможностями и, конечно, для полноценных услуг требуется совсем другие системы и полосы частот. В TETRA есть два режима передачи данных: без защиты от ошибок 7,2 Кбит/с и с защитой 4,8 Кбит/с. Для увеличения скорости с захватом нескольких каналов требуются АС с поддержкой специального протокола пакетной передачи, а для захвата всех каналов требуется специальная дуплексная АС. В «Цитран-1» передача данных оптимизирована под задачи доступа в IP сети, так как этот тип доступа будет наиболее востребованным. Так как для него характерна высокая степень асимметрии (скорость передачи данных к АС в 10 раз выше, чем от АС) и неравномерности потока данных, то протокол обеспечивает скорость от АС 4,8 Кбит/с, а к АС до 19 Кбит/с и динамическим распределением полосы от БС между всеми активными абонентами. В целом «Цитран-1» похож на TETRA, хотя в некоторых режимах он будет хуже, а в некоторых лучше.

Структура БС. Рассмотрим минимальную систему, обеспечивающую 4 канала связи. При равенстве выходных мощностей 1 мВт/бит/с передатчик TETRA будет иметь выходную мощность 36 Вт и рассеиваемую порядка 150 Вт (из за требований линейности). APCO25 будет иметь 4 передатчика по 50 Вт с потерями в комбайнере 7 дБ и рассеиваемую мощность порядка 200 Вт, «Цитран-1» - один передатчик с мощностью 24 Вт и рассеиваемой мощностью 30 Вт. Так как стоимость радиопередающего оборудования примерно пропорциональна рассеиваемой мощности, то можно сделать вывод о существенно меньшей стоимости БС протокола Цитран-1. Кроме того, меры экономии потребления позволяют говорить о возможности применения БС с аккумуляторным питанием для зон с малым трафиком.

Безопасность связи. В APCO25 наиболее проработана и понятна модель безопасности, в TETRA также есть режимы, в том числе, абонентского шифрования, которые позволяет строить защищенные сети. Однако, ПК399

требует применять национальные криптографические алгоритмы, которых пока нет для таких систем, как и требований. В этом вопросе наиболее просто решаем вопрос с протоколом «Цитран-1», так как в нем сохранено соответствие «Дифференцированным требованиям..», которые были разработаны для СПС «Гранит», и требуется только сертификация самого оборудования. Однако для всех протоколов вопрос алгоритмов СКЗИ для связи точка-многоточка (групповой вызов, IP данные) требует своего решения.

Что касается стандарта TETRA, то следует отметить еще несколько его особенностей:

- безопасность систем основана на алгоритмах, имеющих экспортные ограничения, и не приветствуется спецслужбой ФСО. В настоящее время системы поставляются в Россию без систем шифрования;

- TETRA2 будет несовместима с существующей;

- применение для нужд ведомств рассматривается только в области их общехозяйственной деятельности.

Таким образом, при выборе СПС в первую очередь нужно оценить требования к системе связи и количеству абонентов:

- система связи должна быть перестраиваемой и применяться в максимально широком диапазоне условий. В повседневных условиях можно применять удешевленные за счет группы эксплуатации функционально идентичные терминалы;

- частотный ресурс - важный фактор в условиях платности спектра, так как определяет издержки на эксплуатацию сети;

- система безопасности связи при выборе любого стандарта должна разрабатываться отдельно;

- требуется сопряжение с существующими проводными средствами связи;

- желательна возможность перехода СПС в режим разведзащищенности и помехозащищенности в условиях противодействия.

На основании изложенного можно заключить, что стандарт «Цитран-1» является разумным выбором для создания и модернизации систем подвижной связи специального назначения.

Сетевой и прикладной уровень стандарта полностью ориентирован на сети пакетной коммутации с протоколом IP и интеграцию с сетями проводной связи.

Правила применения базового и абонентского оборудования, работающего по протоколу «Цитран-1», утверждены приказами Мининформсвязи РФ соответственно №4 от 11.01.2010 г. «Об утверждении Правил применения базовых станций и ретрансляторов сетей подвижной радиосвязи. Часть II. Правила применения оборудования подсистем базовых станций сетей подвижной радиосвязи протокола Цитран» и №102 от 2.12.2008г. «Об утверждении Правил применения абонентских радиостанций сетей подвижной радиосвязи протокола Цитран».

1.2.4. Сотовые системы связи

Первой коммерчески успешной сотовой сетью была финская сеть Autoradiopuhelin (название переводится на русский как «Автомобильный радиотелефон»). Запущенная в 1971 г., она достигла в 1978 г. 100%-ного покрытия территории Финляндии. Размер соты был равен около 30 км, в 1986 г. в ней было более 30 тыс. абонентов. Работала она на частоте 150 МГц.

В России сотовая связь начала внедряться с 1990 г., коммерческое использование началось с 9 сентября 1991 г., когда в Санкт-Петербурге компанией «Дельта Телеком» была запущена первая в России сотовая сеть (работала в стандарте NMT-450) и был совершен первый символический звонок по сотовой связи мэром Санкт-Петербурга Анатолием Собчаком.

Сеть составляют разнесенные в пространстве приемопередатчики, работающие в одном и том же частотном диапазоне, и коммутирующее оборудование, позволяющее определять текущее местоположение подвижных абонентов и обеспечивать непрерывность связи при перемещении абонента из зоны действия одного приемопередатчика в зону действия другого. Основные составляющие сотовой сети - это сотовые телефоны и базовые станции. БС обычно располагают на крышах зданий и вышках. Будучи включенным, сотовый телефон прослушивает эфир, находя сигнал базовой станции. После этого телефон посылает БС свой уникальный идентификационный код. Телефон и станция поддерживают постоянный радиоконтакт, периодически обмениваясь пакетами. Связь телефона со станцией может идти по аналоговому протоколу (AMPS, NAMPS, NMT-450) или по цифровому (DAMPS, CDMA, GSM, UMTS и др.). Если телефон выходит из поля действия базовой станции, он налаживает связь с другой БС (handover).

Сотовые сети могут состоять из БС разного стандарта, что позволяет оптимизировать работу сети и улучшить ее покрытие. Сети разных операторов соединены друг с другом, а также со стационарной телефонной сетью. Это позволяет абонентам одного оператора делать звонки абонентам другого оператора с мобильных телефонов на стационарные и со стационарных на мобильные.

Операторы разных стран могут заключать договоры роуминга. Благодаря таким договорам абонент, находясь за границей, может совершать и принимать звонки через сеть другого оператора.

Выделяют шесть основных поколений мобильной связи:

Поколение 1G

Все первые системы сотовой связи аналоговые. К ним относятся:

- AMPS (Advanced Mobile Phone Service – усовершенствованная мобильная телефонная служба, диапазон 800 МГц) – широко использовалась в США, Канаде, Центральной и Южной Америке, Австралии;

- TACS (Total Access Communications System – общедоступная система связи, диапазон 900 МГц) - использовалась в Англии, Италии, Испании,

Австрии, Ирландии, с модификациями ETACS (Англия) и JTACS/NTACS (Япония). Это второй по распространенности стандарт среди аналоговых, еще недавно, в 1995 году, он занимал и общее второе место в мире по величине абонентской базы, но уже в 1997 году оттеснен на четвертое место более быстро развивающимися цифровыми стандартами;

- NMT 450 и NMT 900 (Nordic Mobile Telephone – мобильный телефон северных стран, диапазоны 450 и 900 МГц соответственно) - использовалась в Скандинавии и во многих других странах;

- C-450 (диапазон 450 МГц) - использовалась в Германии и Португалии;

- RTMS (Radio Telephone Mobile System - мобильная радиотелефонная система, диапазон 450 МГц) - использовалась в Италии;

- Radiocom 2000 (диапазоны 170, 200, 400 МГц) - использовалась во Франции;

- NTT (Nippon Telephone and Telegraph system) - японская система телефона и телеграфа, диапазон 800-900 МГц.

Во всех аналоговых стандартах применялась частотная модуляция для передачи речи и частотная манипуляция для передачи информации управления (или сигнализации - signaling). Для передачи информации различных каналов использовались различные участки спектра частот - метод множественного доступа с частотным разделением каналов (FDMA), с полосами каналов в различных стандартах от 12,5 до 30 кГц. С этим непосредственно связан основной недостаток аналоговых систем - относительно низкая емкость, являющаяся прямым следствием недостаточно рационального использования выделенной полосы частот при частотном разделении каналов. Этот недостаток стал очевиден уже к середине 80-х годов, в самом начале широкого распространения сотовой связи в ведущих странах, и сразу же значительные силы были направлены на поиск более совершенных технических решений. В результате этих усилий и поисков появились цифровые сотовые системы второго поколения. Переход к цифровым системам сотовой связи стимулировался также широким внедрением цифровой техники в связь в целом и в значительной степени был обеспечен разработкой низкоскоростных методов кодирования и появлением сверхминиатюрных интегральных схем для цифровой обработки сигналов.

Поколение 2G

В США аналоговый стандарт AMPS получил столь широкое распространение, что прямая замена его цифровым оказалась практически невозможной. Выход был найден в разработке двухрежимной аналого-цифровой системы, позволяющей совмещать работу аналоговой и цифровой систем в одном и том же диапазоне. Работа над соответствующим стандартом была начата в 1988 г. и закончена в 1992 г.; стандарт получил наименование D-AMPS, или IS-54 (IS - сокращение от Interim Standard, т.е. «промежуточный стандарт»). Его практическое использование началось в 1993 году.

В Европе ситуация осложнялась наличием множества несовместимых аналоговых систем. Здесь выходом оказалась разработка единого

общеевропейского стандарта GSM (Global System for Mobile Communications) в диапазоне 900 МГц. Соответствующая работа была начата в 1982 году, к 1987 году были определены все основные характеристики системы, а в 1988 году приняты основные документы стандарта. Практическое применение стандарта началось с 1991 года.

Еще один вариант цифрового стандарта, по техническим характеристикам схожий с D-AMPS, был разработан в Японии в 1993 году; первоначально он назывался JDC, а с 1994 года - PDC (Personal Digital Cellular - буквально «персональная цифровая сотовая связь»). Но на этом развитие цифровых систем сотовой связи не остановилось.

Стандарт D-AMPS дополнительно усовершенствовался за счет введения нового типа каналов управления. Дело в том, что цифровая версия IS-54 сохранила структуру каналов управления аналогового AMPS, что ограничивало возможности системы. Новые чисто цифровые каналы управления введены в версии IS-136, которая была разработана в 1994 году и начала применяться в 1996 году. При этом была сохранена совместимость с AMPS и IS-54, но повышена емкость канала управления и заметно расширены функциональные возможности системы.

Стандарт GSM, продолжая совершенствоваться технически (последовательно вводимые фазы 1, 2 и 2+), в 1989 г. пошел на освоение нового частотного диапазона 1800 МГц. Это направление известно под названием системы персональной связи. Отличие последней от исходной системы GSM 900 не столько техническое сколько маркетинговое при технической поддержке: более широкая рабочая полоса частот в сочетании с меньшими размерами ячеек (сот) позволяет строить сотовые сети значительно большей емкости, и именно расчет на массовую систему мобильной связи с относительно компактными, легкими, удобными и недорогими абонентскими терминалами был заложен в основу этой системы. Соответствующий стандарт (в виде дополнений к исходному стандарту GSM 900) был разработан в Европе в 1990 - 1991 гг. Система получила название DCS 1800 (Digital Cellular System - цифровая система сотовой связи; первоначально использовалось также наименование PCN - Personal Communications Network, что в буквальном переводе означает «сеть персональной связи») и начала использоваться с 1993 года. В 1996 году принято решение именовать ее GSM 1800. В США диапазон 1800 МГц оказался занят другими пользователями, но была найдена возможность выделить полосу частот в диапазоне 1900 МГц, которая получила в Америке название диапазона систем персональной связи (PCS - Personal Communications Systems), в отличие от диапазона 800 МГц, за которым сохранено название сотового (cellular). Освоение диапазона 1900 МГц началось с конца 1995 года; работа в этом диапазоне предусмотрена стандартом D-AMPS (версия IS-136, но аналогового AMPS в диапазоне 1900 МГц уже нет), и разработана соответствующая версия стандарта GSM («американский» GSM 1900 - стандарт IS-661).

Поколение 2,5G

Считается переходным и представлено стандартами GPRS и WiDEN.

Мобильные телефонные сети изначально были рассчитаны именно на передачу голоса. Поэтому, хотя GSM и является цифровым стандартом, он предназначен для передачи голоса во время телефонного разговора и, как результат, не очень подходит для длительных высокоскоростных соединений.

Поэтому для обеспечения голосовых разговоров в GSM-сетях для каждого сеанса выделяется пара частот (для передачи данных в обе стороны), на которых и устанавливается цифровое соединение со скоростью 9600 бит/с, и уже поверх него передается закодированный и сжатый звук. Выделение отдельных частот обеспечивает отдельный физический канал, поэтому при разговоре по мобильному телефону не возникают типичные для IP-телефонии проблемы перегруженных каналов связи и, как следствие, ухудшение качества связи. Скорости 9600 бит/с вполне достаточно для передачи закодированного голоса «телефонного» качества. Проблема нехватки частоты обычно не стоит, так как маловероятно, что все абоненты, находящиеся в зоне действия базовой станции, которая обеспечивает связь данную соту, вдруг начнут одновременно звонить.

Предоставление полноценного скоростного доступа в сети при условии не мешать другим абонентам говорить, требует совершенно другой архитектуры построения сети мобильной связи.

Решение найдено в виде технологии GPRS (General Packet Radio Service - пакетная радиосвязь общего пользования). Это своеобразный мостик между обычными (GSM) сетями и сетями третьего поколения, позволяющий реализовать некоторые новые элементы на базе существующих сетей.

При связи мобильного телефона с базовой станцией мобильной сети по технологии GPRS данные транслируются в паузах между передачей голоса на частотах, которые в этот же момент могут использоваться для разговоров другими абонентами.

Поколение 3G

Сети третьего поколения определяют набор услуг, которые объединяют как высокоскоростной мобильный доступ с услугами сети Интернет, так и технологию радиосвязи, которая создает канал передачи данных.

3G - это не просто высокоскоростная передача данных с быстрым доступом к Интернету, это кардинально новый подход к общению, доступу к информации и т. д. Другими словами, те возможности и те устройства, которые традиционно рассматривались как исключительно стационарные, стали мобильными. Пользователь может не только разговаривать со своим собеседником, но и видеть его с помощью видеотелефона, путешествовать по сети Интернет, вести бизнес, обучаться, развлекаться и т.д. Естественно, такие услуги требуют высокоскоростной передачи данных. Для этого предусмотрена пошаговая модернизация существующих сетей мобильной связи, которые изначально проектировались в расчете на узкополосную

передачу данных, до широкополосных сетей, обеспечивающих необходимую скорость для мобильных услуг мультимедиа и доступа к Интернету.

Сети третьего поколения 3G работают на частотах дециметрового диапазона около 2 ГГц, передавая данные со скоростью 2 Мбит/с. Основные технические требования и стандарты, а также правила использования спектра для систем 3G определены в рамках программы IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000). Рекомендации описывают пути эволюции существующих в мире стандартов 2-го поколения в стандарты 3-го поколения. МСЭ требует, чтобы сети IMT-2000 (3G), помимо прочих свойств, обеспечивали улучшенную емкость системы и эффективность использования спектра для систем 2G и поддерживали сервисы передачи данных со скоростями - минимум 144 кбит/с, при использовании в мобильном режиме (не в помещениях) и максимум 2 Мбит/с в не мобильных условиях (в помещениях).

Основываясь на этих требованиях, в 1999 году МСЭ одобрил пять радиointерфейсов для стандартов IMT-2000, как часть рекомендаций ITU-R M.1457.

Сегодня в мире существуют две основные конкурирующие концепции 3G: UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems - универсальная мобильная телекоммуникационная система), поддерживаемая европейскими странами, и CDMA 2000 (Code Division Multiple Access - мультимножественный доступ с кодовым разделением каналов), сторонниками которой традиционно являются азиатские страны и США. В принципе обе технологии предполагают два различных подхода к организации сетей 3G: революционный (UMTS) и эволюционный (разновидности CDMA - CDMA2000, CDMA2000 1X, CDMA2000 1X EV-DO). Эволюционный путь подразумевает сохранение частот и постепенный переход к новым технологиям путем наращивания технических мощностей оператора. UMTS - совершенно новый стандарт, в то время как разновидности CDMA, предложенные для 3G, являются развитием уже эксплуатирующейся в мире технологии второго поколения cdmaOne (IS-95).

При необходимости сеть 3G может быть наложена на уже ранее развернутую GSM или другой стандарт второго поколения. Это возможно по причине использования разных радиосетей этими стандартами. В результате оператор мобильной связи может добавлять новые сервисы по мере появления необходимости в них. А по причине того, что на сегодняшний день все телефоны пока являются двухстандартными (то есть могут работать как в 2G, так и в 3G), у пользователей не возникнет проблемы выбора.

Поколение 3,5G

Переходное поколение 3.5G представлено стандартом HSDPA.

Для сотовых сетей сегодня существует несколько протоколов, увеличивающих скорость передачи данных. Однако фактически ни один из них не способен экономить ресурсы мобильной сети, что делает такой трафик

дорогим и неэффективным. Задуманный ведущими производителями инфраструктурного оборудования мобильной связи протокол HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access - высокоскоростная пакетная передача данных от базовой станции к мобильному телефону) призван повысить производительность сети именно за счет более эффективного использования радиоканала,

HSDPA - стандарт мобильной связи, рассматривается специалистами как один из переходных этапов миграции к технологиям мобильной связи четвертого поколения (4G). Максимальная теоретическая скорость передачи данных по стандарту составляет 14,4 Мбит/с, практическая достижимая в существующих сетях - около 3 Мбит/сек. По сравнению с UMTS, в сети HSDPA можно передавать в три раза больше данных и поддерживать вдвое больше пользователей на одну соту.

Впервые HSDPA была описана в пятой версии стандартов 3GPP. В ее основе лежит теория, согласно которой при сопоставимых размерах сот применение многокодовой передачи позволяет достигать пиковых скоростей порядка 10 Мбит/с (теоретически максимальная скорость передачи данных в этих условиях составляет 14,4 Мбит/с). Кроме того, HSDPA значительно улучшает качество предоставляемых абоненту мультимедийных услуг (именно за счет высокой скорости задержка становится неощутимой, а объем передаваемой информации увеличивается).

Поколение 4G

Четвертое поколение мобильной связи, характеризующееся высокой скоростью передачи данных и повышенным качеством голосовой связи. К 4G принято относить технологии, позволяющие осуществлять передачу данных со скоростью, превышающей 100 Мбит/с подвижным абонентам.

За звание называться основной технологией четвертого поколения конкурируют два стандарта **WiMAX** (Worldwide Interoperability for Microwave Access) и **LTE** (Long Term Evolution).

Спецификация мобильной версии WiMAX одобрена институтом инженеров по электротехнике и электронике (IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers) 7 декабря 2005 года (наименование 802.16e-2005). В марте 2011 года IEEE утвердил стандарт 802.16m для следующего поколения технологии беспроводной передачи данных WiMAX (его называют также WirelessMAN-Advanced или WiMAX-2). По новому стандарту, скорость получения данных может превышать 300 Мбит/с. Стандарт 802.16m поддерживает многопоточную передачу данных и может быть использован для построения фемтосотовых (с миниатюрными базовыми станциями) и самоорганизующихся сетей. Кроме того, он обратно совместим с нынешним стандартом WiMAX.

Технология LTE – основное направление эволюции сетей сотовой связи третьего поколения. В январе 2008 года международное объединение Third Generation Partnership Project (3GPP), разрабатывающее перспективные

стандарты мобильной связи, утвердило LTE в качестве следующего после UMTS стандарта широкополосной мобильной связи.

LTE обеспечивает теоретическую пиковую скорость передачи данных до 326,4 Мбит/с от базовой станции к пользователю и до 172,8 Мбит/с в обратном направлении. Одним из компонентов LTE-сети является сеть на базе IP, которая обеспечивает высокоскоростную передачу данных. Основным достоинством LTE является то, что она строится на базе существующего оборудования со сравнительно легкой интеграцией GSM и WCDMA, иными словами, LTE-сеть поддерживает существующие абонентские устройства 2G и 3G. Этому лишены сети WiMAX.

Сектор радиосвязи МСЭ (МСЭ-R) завершил проведение оценки шести представлений в отношении возможной технологии международной подвижной беспроводной широкополосной связи 4G, известной под названием IMT-Advanced. В результате согласования этих предложений двум технологиям LTE-Advanced и WirelessMANAdvanced присвоено официальное обозначение IMT-Advanced, что позволило их квалифицировать в качестве подлинных технологий 4G

2. ЧАСТОТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

2.1. Общие принципы выделения частотного ресурса для систем сухопутной подвижной радиосвязи

Федеральным законом «О связи» [1] установлено, что право на использование радиочастотного спектра предоставляется посредством выделения полос радиочастот и присвоения (назначения) радиочастот или радиочастотных каналов. Использование радиочастотного спектра без разрешения не допускается.

Прежде, чем приниматься за оформление документов для выделения частотного ресурса, нужно для себя ответить на следующие вопросы:

1. Между какими объектами Вы хотите иметь связь:
 - между стационарными (дом, офис, дача);
 - между стационарными и подвижными (автомобиль, человек);
 - между подвижными объектами;
 - связь внутри зданий, офисов.
2. Имеете ли Вы возможность установить на стационарных объектах эффективную наружную антенну, возвышающуюся на 5-10 м над окружающими строениями
3. Какие условия для связи существуют в интересующем Вас месте:
 - малоэтажная застройка (1 - 3 этажа);
 - среднеэтажная застройка (до 9 этажей);
 - многоэтажная застройка (свыше 9 этажей).
4. Какой рельеф местности, на которой Вы хотите иметь связь.
5. Какова электромагнитная обстановка (наличие помех) в зоне связи:
 - хорошая (сельская местность);
 - средняя (небольшие города и пригороды);
 - плохая (крупные города и промышленные центры).
5. С каким количеством абонентов Вы предполагаете осуществлять связь.
6. Хотите ли Вы иметь дуплексную или симплексную связь.
7. Какие сервисные и дополнительные функции Вы хотели бы иметь:
 - возможность построения транкинговой радиотелефонной связи;
 - возможность работы в качестве радиотелефонного удлинителя;
 - возможность закрытия (скремблирования) переговоров;
 - возможность организации передачи данных;
 - возможность передачи пейджинговых сообщений.
8. Какой суммой денег Вы располагаете для реализации намеченных планов.

Ответив на эти вопросы, можно приступать к процедуре оформления документов, но в любом случае этот процесс состоит из нескольких обязательных этапов, которые могут процедурно и технически различаться.

Особенно эти различия видны между системами подвижной радиосвязи и подвижной радиотелефонной связи. Итак, основные этапы получения доступа к спектру следующие:

1. Выделение полос радиочастот на основании решения ГКРЧ.
2. Получение заключения экспертизы о возможности использования указанных РЭС и об их электромагнитной совместимости (ЭМС) с действующими и планируемыми для использования РЭС другого назначения.
3. На основании заключения экспертизы получение разрешения на использование радиочастот в органах Роскомнадзора.
4. Регистрация РЭС в органах Роскомнадзора.

Рассмотрим более подробно эти этапы применительно к системам сухопутной подвижной радиосвязи.

Выделение полос радиочастот оформляется решением ГКРЧ с перечислением условий, при которых разрешается использование выделенной полосы радиочастот. В последние годы для сокращения времени на подготовку и прохождение заявок на получение частот и упрощения процедуры доступа к частотам ГКРЧ принимает «обобщенные» решения. Более подробно о процедурах принятия решений ГКРЧ и связанных с этим особенностях можно прочесть в учебных пособиях, посвященных системам радиорелейной связи и радиодоступа. Обзор решений ГКРЧ применительно к системам сухопутной подвижной радиосвязи будет дан в разделе 2.2.

Назначение номиналов радиочастот в выделенной полосе частот осуществляет Роскомнадзор на основании заключений об ЭМС заявляемых РЭС с действующими и планируемыми для использования РЭС другого назначения, которые выдает ФГУП ГРЧЦ (Главный радиочастотный центр). Основным руководящим документом является «Порядок рассмотрения материалов, проведения экспертизы и принятия решения о присвоении (назначении) радиочастот или радиочастотных каналов для радиоэлектронных средств в пределах выделенных полос радиочастот» (далее «Порядок») [3].

Согласно Порядку в процессе строительства сети сухопутной подвижной радиосвязи необходимо следующее:

I. Получение заключения экспертизы возможности использования заявленных РЭС гражданского назначения и их ЭМС с действующими и планируемыми для использования РЭС (далее - заключение). Для этого необходимо направить пакет документов установленной формы в ФГУП ГРЧЦ. Пакет документов включает в себя:

1. Письмо на бланке предприятия (1 экземпляр), в котором указывается:
 - регистрационный номер и дата отправки письма;
 - организационно-правовая форма юридического лица, его полное и краткое наименования и место нахождения;
 - фамилия, имя, отчество, место жительства, данные документа, удостоверяющего личность (для физического лица или индивидуального предпринимателя);
 - заявляемый срок использования присвоения (назначения) радиочастот;

- контактная информация о заявителе.

2. Исходные данные по форме ИД-СПС (приложение № 1-5 «Положения»). (5 экземпляров)

3. Пояснительная записка, в которой приводится обоснование запрашиваемого количества радиочастот, дается информация о назначении планируемой радиосети (радиолинии), о заявляемой деятельности, особенностях применяемых РЭС, а также другой информации, относящейся к данному вопросу. (1 экземпляр)

4. Копия выписки из Единого государственного реестра юридических лиц или индивидуальных предпринимателей. (1 экземпляр)

5. Нотариально заверенная копия доверенности от юридического лица на право обращения в радиочастотную службу по вопросу присвоения (назначения) радиочастот или радиочастотных каналов (в случае обращения филиала или структурного подразделения, а также уполномоченного лица от имени юридического лица). (1 экземпляр)

К исходным данным прикладываются:

- копия карты масштаба 1:200000 или крупнее (так называемая «выкопировка») с указанием мест размещения и планируемых зон обслуживания базовых станций (ретрансляторов) и мест установки абонентских стационарных радиостанций (5 экземпляров);

- проект частотно-территориального плана РЭС (сети) (5 экземпляров);

- технические данные РЭС на каждый тип РЭС, планируемый к использованию в сети (5 экземпляров).

Все услуги радиочастотной службы, в том числе расчет ЭМС и оформление заключения, платные.

Почти все частоты нужно согласовывать с Министерством обороны РФ и/или Федеральной службой охраны.

II. После того, как заключение радиочастотной службы получено, в течение срока действия заключения необходимо обратиться в Роскомнадзор с заявлением на оформление разрешения на использование радиочастот или радиочастотных каналов. Формы заявлений установлены «Положением» (приложения №№ 2-11). К заявлению прилагается заключение. Максимальный заявляемый срок действия разрешения - 10 лет.

Услуги Роскомнадзора по выдаче Разрешения бесплатны.

III. После получения разрешения на использование радиочастот в течение одного года Вам необходимо:

1. Если это радиостанция, то необходимо получить позывные сигналы в ТУ РЧЦ ФО. Данная услуга платная. Для оформления свидетельства об образовании позывного сигнала опознавания РЭС необходимо направить в ТУ РЧЦ ФО заявление на присвоении позывного сигнала. Для юридических лиц обязательно приложить заверенную копию выписки из Единого государственного реестра юридических лиц, для филиалов - заверенную копию доверенности на руководителя; а для индивидуальных

предпринимателей обязательно приложить заверенную копию выписки из Единого государственного реестра индивидуальных предпринимателей.

Для сетей передачи данных, сетей охранной сигнализации, сетей связи, присоединенных к сети связи общего пользования, пишется письмо с просьбой подтвердить отсутствие позывных сигналов.

Необходимость получения позывного сигнала достаточно спорна, т.к. радиочастотная служба ссылается на Регламент радиосвязи Международного союза электросвязи, а обязательное присвоение позывных сигналов Регламентом радиосвязи МСЭ предусмотрен лишь в следующих случаях: S19.29 §12.1) Всем станциям, открытым для международной службы общественной корреспонденции, всем радиолюбительским станциям и всем другим станциям, которые могут создавать вредные помехи за пределами страны, которой они принадлежат, следует присвоить позывные сигналы из международных серий, распределенных их стране и указанных в Таблице распределения международных серий позывных сигналов Приложения S42. Очень многие типы радиостанций под эту категорию не подпадают.

2. Любое РЭС необходимо зарегистрировать в ТУ Роскомнадзора. Зарегистрировать РЭС обязательно нужно в течение года с даты выдачи разрешения на использование радиочастот, иначе с таким трудом полученное разрешение будет аннулировано.

Исключение составляют РЭС, которые изъяты из «Перечня радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств, подлежащих регистрации» [4]. Применительно к рассматриваемому нами классу РЭС это:

- Абонентские станции (абонентские устройства), разрешенные в установленном порядке для использования на территории Российской Федерации в сетях операторов связи, а также радиоэлектронные средства, подключаемые к сетям подвижной радиосвязи, имеющие в своем составе средства связи, выполняющие функции систем коммутации;

- Абонентские устройства беспроводного доступа в информационно-телекоммуникационную сеть "Интернет", мощность которых не превышает 100 мВт;

- Станции сухопутной подвижной связи личного пользования диапазона 27 МГц (СиБи-диапазона) с допустимой мощностью излучения передатчика не более 10 Вт.

- Маломощные радиостанции в полосе радиочастот 433,075 - 434,750 МГц с мощностью излучения передающих устройств не более 10 мВт.

- Портативные радиостанции в полосе радиочастот 446 - 446,1 МГц с мощностью излучения передающих устройств не более 0,5 Вт.

- Пользовательское (оконечное) оборудование передающее, включающее в себя приемное устройство, работающее в полосах радиочастот 2300 - 2400 МГц, 2500 - 2690 МГц, 3400 - 3450 МГц и 3500 - 3550 МГц, с допустимой мощностью излучения передатчика не более 1 Вт, в том числе встроенное либо входящее в состав других устройств;

- Базовые станции сетей подвижной радиосвязи стандарта GSM в полосах радиочастот 1710 - 1785 МГц и 1805 - 1880 МГц, устанавливаемые на борту морских и воздушных судов.

Процедура доступа к спектру для операторов сухопутной подвижной радиотелефонной связи (или сотовой связи) является стандартной и определена в Порядке назначения номиналов и полос частот.

Процесс присвоения частот предполагает проведение расчетов для прогнозирования ЭМС при вводе в эксплуатацию новых РЭС и согласования на этой основе частотных присвоений с частотными органами МО и ФСО. В России лишь 3-4% частотного спектра закреплено за гражданским сектором (хотя во всем мире эта доля составляет 30-40%), порядка 33% зарезервировано за силовиками, а остальное предназначено для совместного использования.

Если частотного ресурса не хватает на всех желающих. Тогда по закону ГКРЧ должна объявить ресурс ограниченным и выставить его на конкурс.

Но даже если решение о выделении частот принято, это вовсе не означает, что можно начинать строить сеть. Необходимо пройти экспертизу в ФГУП ГРЧЦ. И только пройдя экспертизу ЭМС, а если потребуется, то еще и проведя натурные испытания, оператор может получить в Роскомнадзоре разрешения на каждую базовую станцию и начинать строить сеть.

2.2. Обзор решений ГКРЧ по выделению полос радиочастот системам сухопутной подвижной радио и радиотелефонной связи

2.2.1. Системы персонального радиовызова

Конечно, лучшие годы СПРВ уже позади. Например, к концу 1997 г. Главгоссвязьнадзором России (прежнее название Роскомнадзора) было выдано более 230 (к концу 1996 г. - 190) разрешений на использование радиочастот для сетей СПРВ. Операторов таких сетей насчитывалось в Москве – 27, а в Санкт-Петербурге – 21. В 1997 г. была даже принята новая редакция «Концепции развития в России сетей персонального радиовызова общего пользования на федеральном и региональном уровнях», утвержденная решениями ГКЭС России № 185 от 30. 04. 97 г. и ГКРЧ России № 2/2 от 01. 12. 97 г. Но уже в 2008 г. в Санкт-Петербурге остался только один оператор пейджинговой связи («Экском»).

Главгоссвязьнадзор России осуществлял частотные назначения, как правило, в диапазонах 160 МГц и 450 МГц. В соответствии с Концепцией развития сетей СПРВ для этой цели могли быть использованы и другие диапазоны радиочастот (800 МГц, 900 МГц), в том числе для ответных каналов в двусторонних системах пейджинговая радиосвязи. В диапазоне 900 МГц могли функционировать, например, разработанные компанией Motorola двусторонние СПРВ протоколов ReFLEX25, ReFLEX50, InFLEXion.

Главгоссвязьнадзор России назначал конкретные номиналы радиочастот для сетей СПРВ на основании имеющейся базы данных и при условии обеспечения ЭМС с другими РЭС действующих сетей связи в диапазоне 146—174 МГц, определенных решением ГКРЧ России № 18/3 от 01.03.94 г. Каждый номинал радиочастоты для создаваемой СПРВ согласовывался в установленном порядке с радиочастотными органами Минобороны России и другими заинтересованными министерствами и ведомствами.

В дальнейшем были приняты решения ГКРЧ России № 43/2 от 03. 03. 97 г., №2/2 от 01.12.97 г по созданию федеральных сетей СПРВ в Российской Федерации на базе протоколов FLEX и ERMES.

Необходимо отметить, что радиочастоты в полосе 146-174 МГц выделял непосредственно Главгоссвязьнадзор России, а для частотных назначений в диапазоне свыше 174 МГц (вне зависимости от того, основное излучение, канал управления или ответный радиоканал имеются в виду), чаще всего это был диапазон 450-475 МГц, необходимо было решение ГКРЧ. Выделяемое количество радиочастот определялось из расчета 8-10 тыс. абонентов на один номинал.

2.2.2. Системы сухопутной подвижной радиосвязи

Рассмотрим особенности частотного обеспечения систем сухопутной подвижной радиосвязи применительно к основным диапазонам, в которых они функционируют.

30 – 56, 74-76 МГц.

Декаметровые диапазоны используется только для симплексной связи и диспетчерских систем без дуплексных ретрансляторов. В этом диапазоне отмечается сильное влияние промышленных помех, помех от бытовых приборов, радиовещательных и телепередатчиков. Иногда наблюдаются сверхдальние прохождения сигнала, что приводит к взаимным помехам между удаленными радиостанциями (т. н. суперрефракция, или атмосферный волновод).

Применение оптимально в сельской местности, где уровень помех значительно ниже, чем в условиях плотной городской застройки. Хорошее огибание неровностей ландшафта и распространение за пределы оптического горизонта. Радиостанции имеют габариты на 15-20% больше, чем аналогичные устройства в других диапазонах. Антенны имеют внушительные размеры и у портативных радиостанций малоэффективны.

Можно строить только локальные или симплексные диспетчерские системы Диапазон относится к категории СИ.

Решением ГКРЧ от 28 апреля 2009 г. № 09-03-01-2 «**О выделении полос радиочастот 33-48,5 МГц и 57,0125-57,5 МГц для использования радиоэлектронными средствами сухопутной подвижной и фиксированной служб гражданского назначения**» выделена полоса радиочастот 33-48,5 МГц и 57,0125-57,5 МГц для разработки, производства и модернизации гражданами Российской Федерации и российскими юридическими лицами РЭС сухопутной подвижной и фиксированной служб гражданского назначения без оформления отдельных решений ГКРЧ для каждого конкретного типа РЭС при условии, что основные технические характеристики разрабатываемых, производимых и модернизируемых РЭС соответствуют основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.1.

Также данные полосы радиочастот выделены для применения на территории Российской Федерации РЭС сухопутной подвижной и фиксированной служб гражданского назначения без оформления отдельных решений ГКРЧ.

Использование выделенных полос радиочастот для применения РЭС сухопутной подвижной и фиксированной служб гражданского назначения должно осуществляться при выполнении следующих условий:

- соответствие технических характеристик применяемых РЭС основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.1;

- применение РЭС, использующих радиочастоты 44,4 МГц и 45,8 МГц, только за пределами 50 км зоны от государственной границы на суше, морского побережья Российской Федерации;

- запрещение присвоения (назначения) радиочастот 33,375 МГц, 35,65 МГц, 39,85 МГц, 39,975 МГц, 40,825 МГц, 41,3 МГц, 41,325 МГц, 47,925 МГц, 47,975 МГц на территории Калининградской области, 57,025 МГц на территории Ивановской и Рязанской областей, 42,475 МГц, 43,175 МГц на территории Приволжского и Уральского федеральных округов;

- получение в установленном порядке разрешения на использование радиочастот или радиочастотных каналов на основании заключения экспертизы радиочастотной службы о возможности использования заявляемых РЭС и об их электромагнитной совместимости с действующими и планируемыми для использования радиоэлектронными средствами;

- регистрация РЭС в установленном порядке.

Ввоз из-за границы на территорию Российской Федерации конкретных типов РЭС должен осуществляться в установленном порядке.

Таблица 2.1.

Основные технические характеристики РЭС сухопутной подвижной и фиксированной радиосвязи гражданского назначения в полосах радиочастот 33-48,5 МГц и 57,0125-57,5 МГц

Наименование параметра	Величина параметра	Единица измерения
Полосы частот	33-48,5 57,0125-57,5	МГц МГц
Шаг сетки частот	25 12,5	кГц кГц
Тип станции	Аналоговая Цифровая	
Мощность передатчика, не более: стационарной, базовой станции мобильной (возимой) станции портативной (носимой) станции	60 20 2	Вт Вт Вт
Относительный уровень побочных излучений передатчика, не более	-60	дБ
Относительная нестабильность частоты передатчика, не хуже	10×10 ⁻⁶	–
Внеполосные излучения передатчика	В соответствии с нормами ГКРЧ на допустимые внеполосные излучения	–
Ширина полосы излучения передатчика на уровне -30 дБ, не более: при шаге сетки 25 кГц при шаге сетки 12,5 кГц	18,8 11,8	кГц кГц
Чувствительность приемника при соотношении С/Ш=12 дБ (СИНАД), не хуже	0,8	мкВ
Избирательность приемника по соседнему каналу, не хуже	70	дБ
Избирательность приемника по побочным каналам приема, не хуже	70	дБ

В решении определен перечень радиочастот, присвоение (назначение) которых, осуществляется в соответствии с условиями их использования и без согласования с Министерством обороны Российской Федерации:

33,2; 33,35; 33,45; 33,55; 33,5625; 33,575; 33,5875; 33,6; 33,75; 33,85; 33,8625; 33,875; 33,8875; 33,9; 34,05; 34,15; 34,1625; 34,175; 34,1875; 34,2; 34,3; 34,375; 34,3875; 34,4; 34,975; 35,025; 35,15; 35,225; 35,375; 35,55; 35,65; 35,95; 35,9625; 35,975; 36,025; 36,075; 36,125; 36,175; 36,225; 36,275; 36,325; 36,375; 36,425; 36,475; 36,525; 36,575; 36,625; 36,675; 36,725; 36,775; 36,825; 36,875; 36,925; 36,975; 37,025; 37,075; 37,125; 37,175; 37,225; 37,275; 37,325; 37,375; 37,425; 37,475; 37,525; 37,575; 37,625; 37,675; 37,725; 37,775; 37,825; 37,875; 37,925; 37,975; 38,025; 38,075; 38,125; 38,175; 38,225; 38,275; 38,325; 38,375; 38,425;

38,475; 38,525; 38,575; 38,625; 38,675; 38,725; 38,775; 39,025; 39,225, 39,4; 39,6; 39,75; 39,85; 39,925; 39,975; 40,05; 40,15; 40,25; 40,325; 40,425; 40,65; 40,825; 41,3; 41,3125; 41,325; 41,3375; 41,35; 41,3625; 41,375; 41,3875; 41,4; 41,5; 41,6; 41,6125; 41,625; 41,6375; 41,65; 41,6625; 41,675; 41,6875; 41,7; 41,75; 41,8; 41,9; 41,95; 42,1; 42,15; 42,2; 42,25; 42,35; 42,45; 42,4625; 42,475; 42,4875; 42,5; 42,5125; 42,525; 42,5375; 42,55; 42,5625; 42,575; 42,5875; 42,6; 42,6125; 42,625; 42,6375; 42,65; 42,675; 42,6875; 42,7; 42,7125; 42,725; 42,7375; 42,75; 42,8; 42,85; 42,95; 42,9625; 42,975; 42,9875; 43; 43,15; 43,1625; 43,175; 43,2; 43,2125; 43,225; 43,25; 43,4; 43,5; 43,7; 43,7125; 43,725; 43,7375; 43,75; 43,8; 44; 44,25; 44,4; 44,475; 44,4875; 44,5; 44,65; 44,75; 44,975; 45; 45,25; 45,45; 45,4625; 45,475; 45,4875; 45,5; 45,65; 45,75; 45,8; 45,95; 45,975; 45,9875; 46; 46,125; 46,175; 46,225; 46,425; 46,4375; 46,45; 46,4625; 46,475; 46,55; 46,5625; 46,575; 46,5875; 46,6; 46,65; 46,6625; 46,675; 46,6875; 46,7; 46,775; 46,7875; 46,8; 46,8125; 46,825; 46,8375; 46,85; 46,8625; 46,875; 46,925; 46,9375; 46,95; 46,9625; 46,975; 46,9875; 47; 47,075; 47,125; 47,25; 47,3; 47,375; 47,3875; 47,4; 47,4125; 47,425; 47,4375; 47,45; 47,55; 47,5625; 47,575; 47,625; 47,675; 47,6875; 47,7; 47,7125; 47,725; 47,825; 47,8375; 47,85; 47,8625; 47,875; 47,925; 47,975; 48,075; 48,125; 48,1375; 48,15; 48,1625; 48,175; 48,325; 48,3375; 48,35; 48,3625; 48,375; 48,425; 48,4375; 48,45; 48,4625; 48,475 МГц;

57,0125; 57,025; 57,0375; 57,05; 57,0625; 57,075; 57,0875; 57,1; 57,1125; 57,125; 57,1375; 57,15; 57,1625; 57,175; 57,1875; 57,2; 57,2125; 57,225; 57,2375; 57,25; 57,2625; 57,275; 57,2875; 57,3; 57,3125; 57,325; 57,3375; 57,35; 57,3625; 57,375; 57,3875; 57,4; 57,4125; 57,425; 57,4375; 57,45; 57,4625; 57,475; 57,4875; 57,5 МГц,

Также определены дополнительные условия использования радиочастот.

1. Не разрешается назначение радиочастот по сетке в полосе 33-48,5 МГц и 57,0125-57,5 МГц для:

- технологической железнодорожной радиосвязи;
- технологической связи на подъездных железнодорожных путях промышленных предприятий;
- связи с береговыми и судовыми радиостанциями морской подвижной службы, предназначенных для связи между судами в акваториях морей, океанов и для связи берег - судно в морских территориальных водах, в морских портах и на судозаводах;
- связи с РЭС воздушной подвижной службы.

2. Радиочастоты в полосах 33-48,5 МГц и 57,025-57,5 МГц назначаются с учетом Общесоюзных норм на защитные отношения для системы телевизионного вещания, утвержденных решением ГКРЧ от 30 декабря 1988 г. (Нормы 24-88).

74-76 МГц

В Российской Федерации **полоса радиочастот 74-76 МГц** распределена фиксированной, подвижной (за исключением воздушной подвижной) и воздушной радионавигационной службам. При этом полоса радиочастот 74,6-75,4 МГц (центральная радиочастота 75 МГц) используется маркерными радиомаяками непрерывного излучения систем посадки самолетов, а полосы радиочастот 74,0-74,6 МГц и 75,4-76,0 МГц используются радиоэлектронными средствами фиксированной и подвижной (за исключением воздушной подвижной) служб. Учитывая необходимость обеспечения безопасности полетов самолетов, использование радиоэлектронными средствами полос радиочастот 74,0-74,6 МГц и 75,4-76,0 МГц ограничивается маломощными (до 1 Вт) РЭС локального применения.

В настоящее время в этих полосах радиочастот работают различные портативные радиостанции, предназначенные для организации радиосвязи между машинистами строительных кранов, монтажниками, такелажниками и т.п. при выполнении строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ, маломощные радиоэлектронные средства технологических сетей связи различного назначения и другие маломощные РЭС.

Своим решением ГКРЧ от 4 сентября 2006 г. №06-16-07-001 «**О выделении полос радиочастот 74,0-74,6 МГц и 75,4-76,0 МГц для радиоэлектронных средств гражданского назначения**» выделила полосы радиочастот 74,0-74,6 МГц и 75,4-76,0 МГц для разработки, производства и модернизации гражданами Российской Федерации и российскими юридическими лицами РЭС фиксированной и подвижной (за исключением воздушной подвижной) служб гражданского назначения (без оформления отдельных решений ГКРЧ для каждого конкретного типа РЭС), предназначенных для организации **технологических сетей связи** при условии, что основные технические характеристики разрабатываемых, производимых и модернизируемых РЭС соответствуют основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.2.

Также данные полосы радиочастот выделены для применения на территории Российской Федерации гражданами Российской Федерации и российскими юридическими лицами РЭС фиксированной и подвижной (за исключением воздушной подвижной) служб гражданского назначения в целях организации технологических сетей связи без присоединения к сети связи общего пользования.

Использование выделенных данным решением ГКРЧ полос радиочастот для применения РЭС фиксированной и подвижной (за исключением воздушной подвижной) служб гражданского назначения должно осуществляться без оформления отдельных решений ГКРЧ для каждого конкретного пользователя РЭС при выполнении следующих условий:

- соответствия технических характеристик используемых РЭС основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.2;

Таблица 2.2.

Наименование параметра	Величина параметра	Единица измерения
Полосы радиочастот	74,0-74,6	МГц
	75,4-76,0	МГц
Выходная мощность, не более	0,05	Вт
Класс излучения	F1D, F3E	-
Шаг сетки частот	12,5; 25	кГц
Ослабление побочных каналов приема, не менее	70	дБ
Чувствительность приемника, не более	0,6	мкВ
Относительная нестабильность частоты, не хуже	40 x 10 ⁽⁻⁶⁾	-
Уровень побочных излучений, не более	2,5	мкВт

- получения в установленном порядке разрешения Федерального агентства связи на использование радиочастот на основании заключения экспертизы радиочастотной службы о возможности использования заявляемых РЭС и об их ЭМС с действующими и планируемыми для использования РЭС гражданского назначения и РЭС, используемых для нужд обороны страны, президентской связи, правительственной связи, безопасности государства и обеспечения правопорядка;

- регистрации указанных РЭС установленным в Российской Федерации порядком;

- указанные радиоэлектронные средства не должны создавать вредных помех другим РЭС и не могут требовать защиты от вредных помех со стороны других РЭС, использующих выделенные полосы радиочастот.

Ввоз из-за границы на территорию Российской Федерации конкретных типов РЭС осуществляется в установленном порядке.

Серийное производство данного типа РЭС, которым уже было выдано решение ГКРЧ, можно осуществлять до 01.08.2016.

Граждане Российской Федерации и российские юридические лица, имеющие разрешительные документы на использование радиочастот в полосах 74,0-74,6 МГц и 75,4-76,0 МГц, могут использовать РЭС фиксированной и подвижной служб на условиях, определенных соответствующими разрешениями, до окончания срока их действия. Продление срока действия разрешительных документов на использование радиочастот в полосах 74,0-74,6 МГц и 75,4-76,0 МГц должно осуществляться установленным порядком на основании данного решения ГКРЧ.

Срок действия решения ГКРЧ до 01.08.2016.

146 - 174 МГц

Один из самых универсальных и наиболее загруженный по количеству пользователей диапазон. Он используется для симплексной полудуплексной и дуплексной связи в конвенциональных системах, в том числе с дуплексными ретрансляторами, а также в транкинговых системах, хотя строятся они в этом диапазоне редко. Оборудование хорошо работает как в сельской местности, так и в городе. По сравнению с декаметровым диапазоном имеет меньшее загоризонтное распространение и поэтому требует гораздо большей высоты установки базовой антенны. Портативные радиостанции достаточно успешно работают на открытой местности, однако в условиях города качество связи снижается из-за слабого переотражения. Используется МПС, МВД и другими государственными структурами для организации конвенциональной радиосвязи.

Диапазон 146 - 174 МГц является одним из наиболее интенсивно используемых участков радиочастотного спектра, в котором активно создаются новые и развиваются действующие сети. Значительная доля таких сетей относится к технологическим сетям, предназначенным для организации диспетчерской радиосвязи, производственной телеметрии, а также используются муниципальными службами «скорой помощи», пожарной охраны и т.п.

В этом диапазоне действует решение ГКРЧ от 28 апреля 2009 г. № 09-03-01-1 **«О выделении полосы радиочастот 146-174 МГц для использования радиоэлектронными средствами подвижной и фиксированной служб гражданского назначения»**, в котором решено:

1. Выделить полосу радиочастот 146-174 МГц для разработки, производства и модернизации гражданами Российской Федерации и российскими юридическими лицами РЭС подвижной и фиксированной служб гражданского назначения без оформления отдельных решений ГКРЧ для каждого конкретного типа РЭС при условии, что основные технические характеристики разрабатываемых, производимых и модернизируемых РЭС соответствуют основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.3 и 2.4.

2. Утвердить «План выделения полосы радиочастот 146-174 МГц и условия ее использования РЭС подвижной и фиксированной служб гражданского назначения» (далее – План выделения в диапазоне 160 МГц), указанный в табл. 2.5.

3. Выделить полосы радиочастот 146-148 МГц, 149,9-162,7625 МГц и 163,2-168,5 МГц для применения на территории Российской Федерации гражданами Российской Федерации и российскими юридическими лицами РЭС подвижной и фиксированной служб гражданского назначения без оформления отдельных решений ГКРЧ.

4. Использование выделенных настоящим решением ГКРЧ полос радиочастот для применения РЭС подвижной и фиксированной служб

гражданского назначения должно осуществляться при выполнении следующих условий:

- соответствие технических характеристик применяемых РЭС основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.3 и 2.4;

- соблюдение требований, установленных Планом выделения в диапазоне 160 МГц;

- получение в установленном порядке разрешения на использование радиочастот или радиочастотных каналов на основании заключения экспертизы радиочастотной службы о возможности использования заявляемых РЭС и об их электромагнитной совместимости с действующими и планируемыми для использования РЭС;

- регистрация РЭС в установленном порядке.

Срок действия настоящего решения ГКРЧ до 1 апреля 2019 г.

Таблица 2.3

Основные технические характеристики РЭС сухопутной подвижной и фиксированной служб гражданского назначения в полосе радиочастот 146-174 МГц *

Наименование параметра	Величина параметра	Единица измерения
Полосы частот	146-174	МГц
Шаг сетки частот	25 12,5	кГц кГц
Тип станции	Аналоговая Цифровая	
Мощность передатчика, не более: стационарной, базовой станции мобильной (возимой) станции портативной (носимой) станции	40 10 2	Вт Вт Вт
Относительный уровень побочных излучений передатчика, не более	-60	дБ
Относительная нестабильность частоты передатчика, не хуже	10×10^{-6}	—
Внеполосные излучения передатчика	В соответствии с нормами ГКРЧ на допустимые внеполосные излучения	—
Ширина полосы излучения передатчика на уровне -30 дБ, не более: при шаге сетки 25 кГц при шаге сетки 12,5 кГц	18,8 11,8	кГц кГц
Чувствительность приемника при соотношении С/Ш=12 дБ (СИНАД), не хуже	0,5 (в симплексном режиме) 0,8 (в дуплексном режиме)	мкВ мкВ
Избирательность приемника по соседнему каналу, не хуже	70	дБ
Избирательность приемника по побочным каналам приема, не хуже	70	дБ

Таблица 2.4

Основные технические характеристики РРС прямой видимости гражданского назначения в полосе радиочастот 146-174 МГц

Наименование параметра	Величина параметра	Единица измерения
Полосы радиочастот	150,0625-150,4875/ 165,0625-165,4875; 150,5-151,7/165,5-166,7	МГц
Тип РРС	Цифровая Аналоговая	- -
Метод дуплексного разнеса	Частотный	-
Частотные планы РРС	В соответствии с пп. 4, 5 табл. 2.5	-
Величина дуплексного разнеса	15	МГц
Максимальная мощность передатчика РРС, не более	В соответствии с пп. 4, 5 табл. 2.5	Вт
Относительная нестабильность частоты передатчика	В соответствии с нормами ГКРЧ на допустимые отклонения частоты радиопередатчиков всех категорий и назначений	-
Относительный уровень побочных излучений передатчика	В соответствии с нормами ГКРЧ на допустимые побочные излучения	-
Ширина полосы излучения и внеполосные излучения передатчика РРС	В соответствии с нормами ГКРЧ на ширину полосы радиочастот и внеполосные излучения радиопередатчиков гражданского назначения	-
Чувствительность приемника РРС, не хуже	-60	дБм
Избирательность приемника по соседнему каналу, не хуже	45	дБ
Избирательность приемника по зеркальному каналу, не хуже	60	дБ

ПЛАН
Выделения полосы радиочастот 146-174 МГц и условия ее использования
радиоэлектронными средствами подвижной и фиксированной служб гражданского назначения

№ пп	Полосы (номиналы) частот, МГц	Основное назначение			Допускается использование	
		Для каких систем, служб отведены частоты	Формула формирования радиочастот, частотный план, МГц	Условия использования	Для каких систем, служб	Условия использования
1.	146-148	РЭС воздушной подвижной службы (ОР)	$F_n=146+n \times 0,0125$ $n=0-159$ $F_k=146+k \times 0,025$ $k=0-79$	1	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб	2
2.	148-149,9; 162,7625-163,2; 168,5-174	РЭС фиксированной и подвижной служб		3		
3.	149,9-150,0625	РЭС радионавигационной спутниковой (космос-Земля) службы			РЭС систем охранной сигнализации с мощностью передатчиков до 2 Вт и полосой излучения не более 18 кГц на канал $F_n=146+n \times 0,0125$ $n=317-325$ $F_k=146+k \times 0,025$ $k=157-162$	5
4.	150,0625-150,4875; 165,0625-165,4875	Аналоговые и цифровые одноканальные РРС типа "Малютка-1", одноканальные радиоудлинители абонентских телефонных линий к стационарным абонентам с мощностью базовых и абонентских станций не более 2 Вт	17 пар частот с разносом 25 кГц. Номиналы: нижние - от 150,075 до 150,475 МГц; верхние - от 165,075 до 165,475 МГц	6, 7, 8, 9, 10, 19	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной службы мощностью передатчиков до 2 Вт и полосой излучения не более 18 кГц на канал с шагом сетки радиочастот – 12,5кГц, 25 кГц $F_n=146+n \times 0,0125$ $n=326-359$ $n=1525-1559$ $F_k=146+k \times 0,025$ $k=163-179$ $k=763-779$	7, 8, 9, 10, 11, 19
5.	150,5-151,7; 165,5-166,7	Аналоговые и цифровые четырехканальные РРС типа "Малютка", для строительства РРЛ, с мощностью передатчиков не более 3 Вт	12 пар частот с разносом 100 кГц. При 6-ти частотном плане формируется 4 ствола. Номиналы: 1Н=150,55 МГц 12Н=151,65 МГц 1В=165,55 МГц 12В=166,65 МГц 1 СТВОЛ: 1Н, 3В, 5Н, 1В, 3Н, 5В 2 СТВОЛ: 7Н, 9В, 11Н, 7В, 9Н, 11В 3 СТВОЛ: 2Н, 4В, 6Н, 2В, 4Н, 6В 4 СТВОЛ: 8Н, 10В, 12Н, 8В, 10Н, 12В	7, 8, 10, 12	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной службы мощностью передатчиков до 3 Вт и необходимой шириной полосы частот радиоизлучения не более 18 кГц на канал с шагом сетки радиочастот 12,5кГц, 25 кГц $F_n=146+n \times 0,0125$ $n=360-456$ $n=1560-1655$ $F_k=146+k \times 0,025$ $k=180-228$ $k=780-827$	7, 8, 9, 10, 11

№ пп	Полосы (номиналы) частот, МГц	Основное назначение			Допускается использование	
		Для каких систем, служб отведены частоты	Формула формирования радиочастот, частотный план, МГц	Условия использования	Для каких систем, служб	Условия использования
6.	151,7125-154,0125; 154,9875-156,0125	Системы железнодорожной радиосвязи	$F_n=146+n \times 0,0125$ $n=457-640$ $n=719-800$ $F_k=146+k \times 0,025$ $k=229-320$ $k=360-400$	7, 8, 10, 13	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб	7, 8, 10, 14
7.	154,0125-154,9875	Для обеспечения технологической радиосвязи на подъездных железнодорожных путях промышленных предприятий	$F_n=146+n \times 0,0125$ $n=641-718$ $F_k=146+k \times 0,025$ $k=321-359$	6, 7, 10	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб	6, 7, 11
8.	156,0125-158,0125; 160,6125-162,0375	Береговые и судовые радиостанции морской подвижной службы; береговые и судовые радиостанции на отдельных участках внутренних водных путей	33 международных дуплексных каналов (66 частот с разносом 25 кГц), 26 международных (включая каналы 16 и 70) и 23 национальных симплексных каналов (в полосе 157,4375-158,0125)	4, 7, 15, 21	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб технологических сетей связи $F_n=146+n \times 0,0125$ $n=801-960$ $n=1169-1283$ $F_k=146+k \times 0,025$ $k=401-480$ $k=585-650$	11, 19, 4
9.	156,525 (70-й канал) 156,4875-156,5125; 156,5375-156,5625 (10 и 11 каналы) 156,8 (16-й канал) 156,7625-156,7825; 156,8125-156,8375 (75 и 76 каналы)	Международная частота бедствия, безопасности и вызова в морской подвижной радиослужбе, использующей цифровой избирательный вызов (ЦИВ) Защитная полоса международной частоты 156,525 МГц (70-й канал) Международная частота бедствия и вызова в морской подвижной службе (радиотелефония) Защитная полоса международной частоты 156,8 МГц (16-й канал)			Может также использоваться для целей поиска и спасения пилотируемых космических кораблей Может также использоваться для целей поиска и спасения пилотируемых космических кораблей	11

№ пп	Полосы (номиналы) частот, МГц	Основное назначение			Допускается использование	
		Для каких систем, служб отведены частоты	Формула формирования радиочастот, частотный план, МГц	Условия использования	Для каких систем, служб	Условия использования
10.	161,75-162,7625; 167,5-168,5	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб	$F_n=146+n \times 0,0125$ $n=1260-1340$ $n=1720-1799$ $F_k=146+k \times 0,025$ $k=630-670$ $k=860-899$	16, 4		
11.	163,2-164,2125	РЭС сухопутной подвижной службы для обеспечения технологической и внутриаэродромной радиосвязи гражданской авиации	$F_n=146+n \times 0,0125$ $n=1377-1456$ $F_k=146+k \times 0,025$ $k=689-728$	17	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб	
12.	158,0125- 160,6125; 164,2125- 165,0625	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб	$F_n=146+n \times 0,0125$ $n=961-1168$ $n=1457-1524$ $F_k=146+k \times 0,025$ $k=481-584$ $k=729-762$	18, 19		
13.	166,7-167,5	РЭС сухопутной подвижной службы с мощностью передатчиков до 2 Вт	$F_n=146+n \times 0,0125$ $n=1656-1719$ $F_k=146+k \times 0,025$ $k=828-859$	6, 20		
14.	161,975 162,025	РЭС автоматических идентификационных систем (АИС)		21		

УСЛОВИЯ

использования полосы радиочастот 146-174 МГц радиоэлектронными средствами гражданского назначения

Номер условия	Содержание условия
Условие 1	Весь ресурс рабочих частот используется преимущественно для РЭС воздушной подвижной службы (ОР). Рабочие частоты назначаются Минобороны России централизованно на плановой основе.
Условие 2	Используются отдельные номиналы рабочих частот, определяемые Минобороны России для каждого конкретного РЭС. Разрешение на использование этих частот оформляется федеральным органом исполнительной власти в области связи.
Условие 3	Весь ресурс рабочих частот используется на преимущественной (исключительной) основе РЭС, предназначенными для нужд государственного управления, в том числе президентской связи, правительственной связи, нужд обороны страны и обеспечения правопорядка.
Условие 4	Отдельные номиналы радиочастот, определяемые по результатам проведения соответствующих исследований, в полосе радиочастот 156,0125-158,0125 МГц и 160,6125-162,0375 МГц могут использоваться станциями морской подвижной службы на внутренних водных путях Российской Федерации.
Условие 5	Радиочастоты в пределах полосы частот 149,9-149,95 МГц для РЭС систем охранной сигнализации не назначаются.
Условие 6	Конкретные номиналы рабочих частот для эксплуатации каждой станции назначаются федеральным органом исполнительной власти в области связи по согласованию на этапе экспертизы о возможности использования заявленных РЭС с Минобороны России.
Условие 7	Должны соблюдаться территориальные ограничения, установленные решениями ГКРЧ.
Условие 8	Должна обеспечиваться защита от радиопомех приемным станциям радиоастрономической службы.
Условие 9	Должны приниматься все возможные меры по устранению помех наземным пунктам приема информации с ИСЗ и космических объектов, предназначенных для радионавигации, метеорологии, космических исследований и космической эксплуатации.
Условие 10	В районах ОКИК Минобороны России должны соблюдаться нормы ЧТР, утвержденные решением ГКРЧ от 30 июля 1984 г.
Условие 11	Рабочие частоты для РЭС других служб (другого назначения) могут назначаться при условии исключения радиопомех РЭС основного предназначения, при соблюдении соответствующих норм ЧТР. Частоты назначаются федеральным органом исполнительной власти в области связи по согласованию на этапе экспертизы о возможности использования заявленных РЭС с Минобороны России. При этом для таких РЭС отводится не менее 50% свободного ресурса частотных каналов.

Номер условия	Содержание условия
Условие 12	Использование 1-го и 2-го стволов планируют органы радиочастотной службы без согласования с Минобороны России, а стволов 3-го и 4-го - по согласованию со штабом соответствующего военного округа.
Условие 13	Планирование использования радиочастот для РЭС железнодорожной радиосвязи осуществляет радиочастотная служба в интересах владельцев инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования по представлению Минтранса России.
Условие 14	Рабочие частоты для РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб, не относящихся к железнодорожной радиосвязи присваиваются (назначаются) при условии исключения радиопомех РЭС железнодорожной радиосвязи.
Условие 15	Частоты для РЭС морской подвижной службы используются в соответствии с положениями международного Регламента радиосвязи и приложения 18 к Регламенту с правом приоритета для морской подвижной службы в зонах морского побережья и морских портов. Мощность на несущей частоте передатчиков судовых станций не должна превышать 25 Вт. В зонах морских портов и морского побережья весь частотный ресурс отводится РЭС морской подвижной службы. Назначение частот береговым станциям производится в соответствии с планом частотных присвоений, составляемым органами радиочастотной службы в соответствии с международным планом и по согласованию с заинтересованными ведомствами.
Условие 16	Конкретные номиналы рабочих частот для эксплуатации каждой станции назначаются органами радиочастотной службы без согласования с Минобороны России, при этом должно соблюдаться право приоритета РЭС морской подвижной службы в зонах морских портов и морского побережья в полосе 161,75-162,0375 МГц. Распределение частот между пользователями органы радиочастотной службы осуществляют на плановой основе, исходя из общих принципов, определяемых решениями ГКРЧ. О всех частотных присвоениях федеральный орган исполнительной власти в области связи сообщает в Минобороны России.
Условие 17	Весь ресурс рабочих частот используется преимущественно для обеспечения технологических и внутриаэродромных служб гражданской авиации. Назначение частот для конкретных РЭС и конкретных аэродромов осуществляется порядком, определяемым Минобороны России.
Условие 18	Мощность передатчиков базовых станций (ретрансляторов) не должна превышать 40 Вт, а передатчиков мобильных станций - 10 Вт. Частоты назначаются федеральным органом исполнительной власти в области связи по согласованию на этапе экспертизы возможности использования заявленных РЭС с Минобороны России, при этом для РЭС гражданского назначения отводится не менее 50% ресурса частотных каналов.
Условие 19	Рабочие частоты в полосах 157,9375-158,6875 МГц, 164,2875-164,4875 МГц и 165,4125-165,4375 МГц на территории г. Москвы и Московской области могут назначаться федеральным органом исполнительной власти в области связи по согласованию на этапе экспертизы о возможности использования заявленных РЭС с ФСО России.
Условие 20	Рабочие частоты в полосе 166,85-167,15 МГц могут назначаться федеральным органом исполнительной власти в области связи по согласованию на этапе экспертизы о возможности использования заявленных РЭС с ФСО России.
Условие 21	Технические характеристики РЭС АИС и условия использования радиочастот должны соответствовать решениям ГКРЧ от 28 февраля 2000 г. № 20/2 и от 31 марта 2003 г. № 25/6.

300 -345 МГц

Граница между метровыми и дециметровыми волнами. Уникальный российский диапазон (в остальном мире используется структурами НАТО), который применяется для систем АЛТАЙ и транкинговых сетей МРТ1327, а также для использования на речном транспорте. Основными пользователями этого диапазона являются ГАЗПРОМ (транкинговая сеть МРТ1327 по всей стране), операторы Алтая (Электросвязи), нефтегазовые компании, речной флот. Основное преимущество состоит в том, что имеется доступный частотный ресурс в этом диапазоне, который разумно спланирован. Но в силу уникальности данного диапазона лишь ограниченное число производит такое оборудование.

В этом диапазоне ГКРЧ приняла решение № 09-03-01-3 от 28 апреля 2009 г. **«О выделении полос радиочастот 300-308 МГц и 336-344 МГц для использования радиоэлектронными средствами сухопутной подвижной и фиксированной служб гражданского назначения»:**

1. Выделить полосы радиочастот 300-308 МГц и 336-344 МГц для разработки, производства и модернизации гражданами Российской Федерации и российскими юридическими лицами РЭС сухопутной подвижной и фиксированной служб гражданского назначения без оформления отдельных решений ГКРЧ для каждого конкретного типа РЭС при условии, что основные технические характеристики разрабатываемых, производимых и модернизируемых РЭС соответствуют основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.6.

2. Утвердить «План выделения полос радиочастот 300-308 МГц и 336-344 МГц и условия их использования РЭС сухопутной подвижной и фиксированной служб гражданского назначения» (далее – План выделения в диапазоне 330 МГц), указанный в табл. 2.7.

3. Выделить полосы радиочастот 300-300,525 МГц, 301,125-305,825 МГц, 307,025-308 МГц, 336-336,525 МГц, 337,125-341,825 МГц и 343,025-344 МГц для применения на территории Российской Федерации гражданами Российской Федерации и российскими юридическими лицами РЭС сухопутной подвижной и фиксированной служб гражданского назначения без оформления отдельных решений ГКРЧ.

4. Использование выделенных настоящим решением ГКРЧ полос радиочастот для применения РЭС сухопутной подвижной и фиксированной служб гражданского назначения должно осуществляться при выполнении следующих условий:

- соответствие технических характеристик применяемых РЭС основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.6;

- выполнение требований, установленных Планом выделения в диапазоне 330 МГц;

- получение в установленном порядке разрешения на использование радиочастот или радиочастотных каналов на основании заключения экспертизы радиочастотной службы о возможности использования заявляемых РЭС и об их электромагнитной совместимости с действующими и планируемыми для использования радиоэлектронными средствами;
- регистрация РЭС в установленном порядке.

Таблица 2.6

**Основные технические характеристики РЭС фиксированной и сухопутной
подвижной служб гражданского назначения в полосах радиочастот
300-308 МГц и 336-344 МГц**

Наименование параметра	Величина параметра	Единица измерения
Полосы частот	300-308 336-344	МГц МГц
Шаг сетки частот	25 12,5	кГц кГц
Тип станции	Аналоговая Цифровая	
Мощность передатчика, не более: стационарной, базовой станции мобильной (возимой) станции портативной (носимой) станции	60 15 (для судовых РЭС до 25) 2	Вт Вт Вт
Относительный уровень побочных излучений передатчика стационарной, базовой станции, не более	-70	дБ
Уровень побочных излучений передатчика мобильной (возимой), портативной станции	2,5	мкВт
Относительная нестабильность частоты передатчика, не хуже: стационарной, базовой, мобильной (возимой) станции портативной (носимой) станции	7×10 ⁻⁶ 10×10 ⁻⁶	– –
Внеполосные излучения передатчика	В соответствии с нормами ГКРЧ на допустимые внеполосные излучения	–
Ширина полосы излучения передатчика на уровне -30 дБ, не более: при шаге сетки 25 кГц при шаге сетки 12,5 кГц	18,8 11,8	кГц кГц
Чувствительность приемника при соотношении С/Ш=12 дБ (СИНАД), не хуже	1,0	мкВ
Избирательность приемника по соседнему каналу, не хуже	70	дБ
Избирательность приемника по побочным каналам приема, не хуже	70	дБ

Таблица 2.7

План выделения полос радиочастот 300-308 МГц и 336-344 МГц и условия их использования радиоэлектронными средствами сухопутной подвижной и фиксированной служб гражданского назначения

№пп	Полосы радиочастот МГц	Для каких систем (РЭС) связи распределены полосы радиочастот	Назначение РЭС	Условия использования полос радиочастот
1.	300-300,525; 301,125-305,825; 307,025-308 336-336,525; 337,125-341,825; 343,025-344	Системы сухопутной подвижной и фиксированной радиосвязи, в том числе с использованием транкинговой технологии	Радиальные, радиально-зональные сети подвижной и фиксированной радиосвязи гражданского применения	1. Полосы радиочастот используются для организации (создания) радиальных и радиально-зональных сетей сухопутной подвижной и фиксированной радиосвязи гражданского применения. Возможность создания нескольких независимых сетей радиосвязи определяется при их проектировании (на этапе частотного планирования) при условии обеспечения ЭМС с другими РЭС, работающими и планируемыми в районе создаваемой сети, с учетом реальной электромагнитной обстановки и наличия частотного ресурса в данном районе. Планируемое к использованию оборудование должно работать в пределах полосы 300-308 МГц - на прием БС и передачу АС и в пределах полосы 336-344 МГц - на передачу БС и прием АС, обеспечивать дуплексный или двухчастотный симплексный (полудуплексный) режимы работы, разнос между соседними каналами - 12,5 кГц и 25 кГц и разнос между каналами приема и передачи сигналов - 36 МГц.
				2. Планирование использования конкретных номиналов радиочастот для организации радиальных и радиально-зональных сетей сухопутной подвижной и фиксированной радиосвязи гражданского применения осуществляется установленным порядком по согласованию с Минобороны России за исключением номиналов частот (стволов), определенных «Планом распределения частотных стволов системы «Алтай-Зм», согласованным с Минобороны России.

2.	300,0125-300,5125; 336,0125-336,5125	РЭС речного флота на внутренних водных путях страны в пределах координационной зоны для обеспечения связи в звене «судно-судно» и «судно-берег», а также для создания радиальных и радиально-зоновых систем подвижной и фиксированной радиосвязи	Радиальные и радиально-зоновые сети подвижной радиосвязи в пределах координационной зоны на внутренних водных путях страны	<p>1. Полосы радиочастот используются для организации диспетчерской радиосвязи с судами и радиосвязи между судами на внутренних водных путях страны с использованием симплексных и дуплексных радиостанций в пределах координационной зоны (100 километров от основного судового хода вдоль внутренних водных путей в азимутальном направлении), а также для создания радиальных и радиально-зоновых систем подвижной и фиксированной радиосвязи, в том числе для обеспечения связи в звене «судно-судно» и «судно-берег» без согласования с Минобороны России.</p> <p>2. Частота 300,2 МГц является частотой бедствия, безопасности и вызова для радиотелефонии на внутренних водных путях страны.</p> <p>3. Технические характеристики радиостанций, используемых на внутренних водных путях должны иметь допуск Российского Речного Регистра. Мощность несущей передатчика БС (АС) до 25 Вт.</p> <p>4. Конкретные номиналы радиочастот могут планироваться для радиоудлинителей телефонных каналов (линий) связи в выделенных телефонных сетях и в сетях телефонной связи общего пользования для связи: со стационарными и подвижными абонентами в пригородных районах краевых, областных и республиканских центров, в районных центрах, поселках и сельских районах.</p> <p>Радиочастоты используются в дуплексном режиме с шагом сетки 12,5 кГц.</p> <p>Допускается использование оборудования с шагом сетки 25 кГц до истечения срока амортизации используемых РЭС, но не позднее 1 апреля 2019 г.</p>
3.	307,025-307,4625; 343,025-343,4625	РЭС технологической железнодорожной радиосвязи	Поездная радиосвязь на конкретных направлениях сети железных дорог	<p>1. Полосы радиочастот используются для организации технологической железнодорожной радиосвязи вне Европейской части России с использованием дуплексных радиостанций.</p> <p>2. Планирование использования рабочих частот для организации сетей связи осуществляется радиочастотной службой по согласованию установленным порядком с Минобороны России.</p>

4.	307,025-308; 343,025-344	Радиоудлинители телефонных каналов	Сети районной сельской радиотелефонной связи	<p>1. Полосы радиочастот используются системами беспроводного доступа, а также радиоудлинителями телефонных каналов (линий) связи в выделенных телефонных сетях и в сетях телефонной связи общего пользования для связи со стационарными и подвижными абонентами в пригородных районах краевых, областных и республиканских центров, в районных центрах, поселках и сельских районах по согласованию с Минобороны России.</p> <p>2. Радиочастоты используются в дуплексном режиме с разносом 36 МГц и шагом частотной сетки 12,5 кГц.</p> <p>3. Мощность несущей передатчиков базовых и абонентских станций до 15 Вт.</p> <p>4. Применяемое оборудование должно работать в полосе 307,025-308 МГц - на прием БС и передачу АС и в полосе 343,025-344 МГц - на передачу БС и прием АС, обеспечивать дуплексный режим работы, разнос между соседними каналами, равный 12,5 кГц и разнос между каналами приема и передачи сигналов, равный 36 МГц. Допускается использование оборудования с шагом сетки 25 кГц до истечения срока амортизации используемых РЭС, но не позднее 1 апреля 2019 г.</p> <p>5. Планирование использования конкретных номиналов радиочастот для организации сетей связи осуществляется установленным порядком радиочастотной службой по согласованию с Минобороны России.</p> <p>6. Вне Европейской части России радиочастоты в полосах 307,025-307,4625 МГц и 343,025-343,4625 МГц могут использоваться РЭС радиоудлинителей телефонных каналов только за пределами координационной зоны (100 км от железнодорожных путей в азимутальном направлении).</p>
----	-----------------------------	------------------------------------	--	---

В этом диапазоне также необходимо обратить внимание на решение ГКРЧ № 13-18-06-3 от 24.05.2013 «**Об использовании полос радиочастот 324,95-325,05 МГц, 325,35-327 МГц и 344,4-346,05 МГц радиоэлектронными средствами сухопутной подвижной службы**», которое выделило указанные частоты РЭС сухопутной подвижной службы на территории города Москвы и Московской области для целей управления и связи с транспортными средствами общественного транспорта. Необходимо получение в установленном порядке разрешений на использование радиочастот или радиочастотных каналов, а также соблюдение требований к техническим характеристикам:

- средняя мощность передатчика БС и АС – не более 30 Вт, КУ антенны для БС - не более 8 дБ, а для АС – не более 2,15 дБ.

380 - 470 МГц

Диапазон проявляет лучшие качества в условиях плотной городской застройки, вследствие высокого коэффициента переотражения радиоволн. Малый уровень промышленных помех. Выбор оптимален при необходимости получения устойчивой связи на небольших расстояниях, например, в черте города. При использовании ретранслятора дальность может существенно увеличена, хотя для этого потребуются очень высокие точки для установки базовых антенн. Эффективность антенн портативных радиостанций достаточно высока. Для открытой местности диапазон не очень удобен, вследствие слабого огибания неровностей рельефа, сильного затухания в лесистой местности.

В этом же диапазоне (380-400 МГц, 410-430 МГц, 450-470 МГц) работает оборудование цифрового стандарта TETRA.

Также обычно выделяют т.н. безлицензионные стандарты LPD и PMR.

LPD (Low Power Device) - класс маломощного радиооборудования для работы в диапазоне частот 433,075 - 434,750 МГц, 69 каналов с разносом 25 кГц. Максимально допустимая мощность оборудования 10 мВт.

PMR (Personal Mobile Radio) - европейский стандарт безлицензионной радиосвязи, включающий в себя 8 частот со сдвигом 12,5 кГц, лежащих в диапазоне 446,000 - 446,100 МГц. Максимальная разрешенная мощность радиостанций этого стандарта составляет 0,5 Вт.

В то же время российский рынок насыщен маломощными радиостанциями диапазонов FRS 467,5625 - 467,7125 МГц и GMRS 462,5750 - 462,7250 МГц, которые работают за пределами разрешенного диапазона. Эксплуатация таких радиостанций запрещена законом.

Решением ГКРЧ №06-18-04-001 от 11 декабря 2006 г. «**О выделении полос радиочастот в диапазоне 450 МГц для радиоэлектронных средств фиксированной и сухопутной подвижной радиосвязи гражданского назначения**» разрешено:

1. Выделить гражданам Российской Федерации и российским юридическим лицам полосы радиочастот 403-410 МГц, 417-422 МГц и 433-447 МГц для разработки, производства и модернизации радиоэлектронных средств фиксированной и подвижной радиосвязи гражданского назначения (без

оформления отдельных решений ГКРЧ для каждого конкретного типа РЭС) при условии, что основные технические характеристики разрабатываемых, производимых и модернизируемых РЭС соответствуют основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.8.

2. Выделить гражданам Российской Федерации и российским юридическим лицам полосы радиочастот 403-410 МГц, 417-422 МГц и 433-447 МГц для применения на территории Российской Федерации РЭС фиксированной и подвижной радиосвязи гражданского назначения.

3. Использование выделенных настоящим решением ГКРЧ полос радиочастот для применения РЭС фиксированной и подвижной радиосвязи гражданского назначения должно осуществляться без оформления отдельных решений ГКРЧ для каждого конкретного пользователя РЭС при выполнении следующих условий:

- соответствия технических характеристик используемых РЭС основным техническим характеристикам, указанным в приложении к настоящему решению;

- применения РЭС, использующих полосы радиочастот 403-410 МГц и 417-422 МГц, только за пределами зоны радиусом 350 км от центра г. Москвы;

- при применении РЭС должны быть исключены излучения от передатчиков этих РЭС в полосе частот 406-406,1 МГц;

- при эксплуатации РЭС должна быть обеспечена защита от помех средств радиоастрономической службы в полосе частот 406,1-410 МГц;

- получения в установленном порядке разрешения Федерального агентства связи на использование радиочастот или радиочастотных каналов на основании заключения экспертизы радиочастотной службы о возможности использования заявляемых РЭС;

- регистрации указанных РЭС установленным в Российской Федерации порядком.

4. Ввоз из-за границы на территорию Российской Федерации конкретных типов РЭС осуществляется в установленном порядке.

5. Срок действия настоящего решения ГКРЧ до 01.12.2016.

Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды совместно с Федеральным космическим агентством, Федеральной службой охраны Российской Федерации и другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и организациями поручено разработать требования к техническим характеристикам РЭС фиксированной и сухопутной подвижной радиосвязи для обеспечения условий их совместного использования с РЭС метеорологической спутниковой службы, работающими в полосе радиочастот 401-403 МГц.

**Основные технические характеристики РЭС фиксированной и
сухопутной подвижной радиосвязи гражданского назначения**

Наименование параметра	Величина параметра	Единица измерения
Полосы частот	403-410 417-422 433-447	МГц МГц МГц
Шаг сетки частот	25 12,5	кГц кГц
Тип станции	Аналоговая Цифровая	
Мощность передатчика, не более: – стационарной, базовой станции – мобильной (возимой) станции – портативной (носимой) станции	60 20 5	Вт Вт Вт
Относительный уровень побочных излучений передатчика, не более	В соответствии с нормами ГКРЧ на допустимые побочные излучения	–
Относительная нестабильность частоты передатчика, не хуже: – стационарной, базовой, мобильной (возимой) станции – портативной (носимой) станции	В соответствии с нормами ГКРЧ на допустимое отклонение частоты для радиопередатчиков всех категорий и назначений	– –
Внеполосные излучения передатчика, не более	В соответствии с нормами ГКРЧ на допустимые внеполосные излучения	–
Ширина полосы излучения передатчика на уровне -30 дБ, не более: – при шаге сетки 25 кГц – при шаге сетки 12,5 кГц	18,8 11,8	кГц кГц
Чувствительность приемника при соотношении С/Ш=12 дБ (СИНАД), не хуже	1,0	мкВ
Избирательность приемника по соседнему каналу, не хуже	75	дБ
Избирательность приемника по побочным каналам приема, не хуже	80	дБ
Относительная нестабильность частоты гетеродинов приемника, не хуже: – стационарной, базовой, мобильной (возимой) станции – портативной (носимой) станции	5×10 ⁻⁶ 7×10 ⁻⁶	– –

Примечание:

Приведенные в настоящей таблице характеристики РЭС фиксированной и подвижной служб гражданского назначения не распространяются на:

- радиорелейные станции прямой видимости, использующие полосы радиочастот 394-410 МГц и 434-450 МГц;
- маломощные (до 10 мВт) радиостанции, использующие полосу радиочастот 433,075-434,750 МГц;
- устройства охранной сигнализации автомобилей, использующие полосу радиочастот 433,05-434,79 МГц;
- портативные радиостанции диапазона 446,0-446,1 МГц.

Непосредственно цифровой транкинговой сети радиосвязи стандарта TETRA посвящено решение ГКРЧ № 06-15-03-001 от 26 июня 2006 г. **«Об использовании полос радиочастотного спектра радиоэлектронными средствами для построения (создания) сетей подвижной радиосвязи стандарта TETRA».**

В этом решении Комиссия признала перспективным направлением развитие подвижной радиосвязи стандарта TETRA в Российской Федерации, а также посчитала возможным использование полос радиочастот 412-417 МГц/422-427 МГц и 457,4-459 МГц/467,4-469 МГц для построения сетей подвижной радиосвязи стандарта TETRA различного назначения на территории Российской Федерации.

Учитывая накопленный опыт создания сетей сухопутной подвижной радиосвязи в указанных полосах радиочастот, ГКРЧ приняло решение № 11-12-03-1 от 8 сентября 2011 г. **«Об использовании радиоэлектронными средствами сухопутной подвижной службы полос радиочастот 412-417 МГц, 422-427 МГц, 457,4-459 МГц и 467,4-469 МГц».** Этим решением разрешено использовать указанные частоты всем РЭС сухопутной подвижной службы при условии получения разрешения на использование радиочастот, запрещения присвоения (назначения) радиочастот для применения РЭС в пределах зоны радиусом 350 км от центра г. Москвы в полосах радиочастот 412-417 МГц и 422-427 МГц и соблюдения соответствия техническим характеристикам применяемых РЭС (табл. 2.9).

Технические характеристики РЭС сухопутной подвижной службы в полосах радиочастот 412-417 МГц, 422-427 МГц, 457,4-459 МГц и 467,4-469 МГц

Наименование параметра	Размерность параметра	Значение параметра	
		Абонентская станция	Базовая станция
Метод радиодоступа	-	FDMA, TDMA, FDD Доступ на основе временного мультиплексирования и частотного дуплекса	
Шаг сетки частот	кГц	12,5 25	
Величина дуплексного разноса	МГц	10	
Мощность передатчика, не более	Вт	стационарной, мобильной (возимой) станции – 20; портативной (носимой) станции - 5	60
Относительный уровень побочных излучений передатчика		В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	
Ширина полосы излучения и внеполосные излучения передатчика РЭС		В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	
Максимальный коэффициент усиления антенны	дБ	7	15

Еще два решения ГКРЧ в этом частотном диапазоне посвящены РЭС стандартов LPD и PMR.

Первое решение, касающееся стандарта LPD № 04-03-04-001 «**О выделении полосы радиочастот 433,075-434,750 МГц для маломощных радиостанций**», было принято 6 декабря 2004 г.

Оно учитывает накопленный опыт рассмотрения радиочастотных заявок на выделение полосы радиочастот 433,075-434,750 МГц для радиостанций мощностью до 10 мВт. Данное решение утвердило основные технические характеристики маломощных радиостанций (табл. 2.9). Также было разрешено гражданам Российской Федерации и российским юридическим лицам использование на вторичной основе полосы радиочастот 433,075-434,750 МГц для разработки, производства, модернизации и эксплуатации на территории Российской Федерации маломощных (до 10 мВт) радиостанций без оформления частных решений ГКРЧ на использование полосы радиочастот и разрешений Федерального агентства связи на использование номиналов радиочастот для каждого конкретного типа радиостанций, при выполнении следующих условий:

– технические характеристики разрабатываемых, производимых, модернизируемых и ввозимых из-за границы маломощных радиостанций

должны соответствовать основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.10;

– каждый тип радиостанции отечественного производства, а также ввозимого из-за границы зарубежного производства, должен иметь подтверждение соответствия установленным в Российской Федерации требованиям.

Применение указанных радиостанций на территории Российской Федерации без их регистрации установленным порядком не допускается.

3. Ввоз из-за границы на территорию Российской Федерации конкретных типов радиостанций должен осуществляться в установленном порядке.

Таблица 2.10

**Основные технические характеристики маломощных радиостанций
диапазона 433 МГц**

№ п.п.	Наименование параметра	Значение параметра	Единицы измерения
1	Полоса радиочастот	433,075-434,750	МГц
2	Максимальная излучаемая мощность передатчика, не более	10	мВт
3	Класс излучения	16K0F3E	—
4	Тип излучения	Симплексная одноканальная ЧМ телефония	—
5	Шаг сетки частот	25	кГц
6	Нижняя звуковая частота	300	Гц
7	Верхняя звуковая частота	3000	Гц
8	Девияция частоты, не более	5	кГц
9	Количество программируемых каналов	не регламентируется	ед.
10	Относительный уровень побочных излучений передатчика, не хуже	- 60	дБ
11	Допустимое отклонение частоты передатчика, не более	$5 \cdot 10^{-6}$	—
12	Тип антенны	приемопередающая, штыревая	—
13	Ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости	360	град.
14	Коэффициент усиления антенны, не более	0	дБ

Примечания:

1. Полоса частот 433,075-434,750 МГц используется на вторичной основе.
2. Маломощные радиостанции должны использоваться в локальных сетях подвижной радиосвязи.
3. Параметры приемных устройств маломощных радиостанций не регламентируются.

Второе решение для стандарта PMR № 05-10-02-001 «**О выделении полосы радиочастот 446 - 446,1 МГц для портативных радиостанций**» принято 28 ноября 2005 г.

Комиссия отметила, что в странах Европейского содружества получили широкое распространение портативные радиостанции класса «мобильная радиосвязь индивидуального пользования» (PMR-446), которые предназначены для организации симплексной радиосвязи непрофессиональных групп пользователей (охотники, рыболовы, туристы и т.д.) в полосе частот 446-446,1 МГц. Учитывая специфику данной категории пользователей, Европейской конференцией почт и электросвязи (СЕПТ) была разработана концепция использования PMR-446, базирующаяся на следующих основных решениях, принятых СЕПТ:

- ERC/DEC/(98)25 «Выделение частотного диапазона для использования PMR-446»;
- ERC/DEC/(98)26 «Освобождение от индивидуального лицензирования оборудования PMR-446»;
- ERC/DEC/(98)27 «Свободная циркуляция и использование оборудования PMR-446 в странах-членах СЕПТ».

Учитывая необходимость повышения эффективности использования радиочастотного спектра, а также признавая важность процессов сближения национального и европейского распределений полос радиочастот и гармонизации режимов использования радиочастотного спектра в целях расширения спектра телекоммуникационных услуг в странах Европейского содружества, ГКРЧ приняло следующее решение:

- Выделить полосу радиочастот 446-446,1 МГц для разработки, производства, модернизации и применения гражданами РФ и российскими юридическими лицами портативных радиостанций (без оформления отдельных решений ГКРЧ для каждого конкретного типа радиостанции) при условии, что технические характеристики разрабатываемых, производимых и модернизируемых портативных радиостанций соответствуют основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.11.

Использование выделенных настоящим решением ГКРЧ полос радиочастот для применения портативных радиостанций на территории РФ без оформления отдельных решений ГКРЧ должно осуществляться при выполнении следующих условий:

- соответствия основных технических характеристик используемых портативных радиостанций техническим характеристикам, указанным в табл. 2.11;

- портативные радиостанции не должны создавать вредных помех и не могут требовать защиты от вредных помех со стороны РЭС других радиослужб, работающих в общей полосе радиочастот;

- портативные радиостанции не должны применяться на территории аэродромов;

- использования портативных радиостанций для организации симплексной радиосвязи для личных, семейных, домашних и иных, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности, нужд;

- регистрации портативных радиостанций в порядке, установленном для РЭС в Российской Федерации.

Ввоз из-за границы на территорию Российской Федерации портативных радиостанций должен осуществляться в установленном порядке.

Таблица 2.11

Требования к техническим характеристикам портативных радиостанций

№ пп	Наименование характеристики	Значение характеристики
1.	Тип радиосвязи	симплекс
2.	Эквивалентная изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ) не более, Вт	0,5
3.	Максимальная девиация частоты, кГц	2,5
4.	Класс излучения передатчика	12K5F3E
5.	Шаг сетки, кГц	12,5
6.	Номиналы частот, МГц	446,00625+0,0125n, где n=0...7
7.	Ширина полосы излучения передатчика на уровне, кГц	
	-3 дБ	12,5
	-30 дБ	15
	-60 дБ	22
8.	Уровень побочных излучений передатчика не более, мкВт	0,25
9.	Относительная нестабильность частоты передатчика	3×10^{-6}
10.	Тип антенны	Интегрированная

Срок действия решения до 01.11.2015.

815-820 МГц и 860-865 МГц

Относительно небольшой участок диапазона был выделен под транкинг, но серьезного развития в России не получил. Наиболее развит этот диапазон в США и в Китае. В западной Европе частично занят под цифровое ТВ. Оборудование TETRA доступно в этом диапазоне. Перспективы развития этого диапазона для систем сухопутной подвижной радиосвязи пока не определены. Выделение частот в данном диапазоне, например для систем Транк-800 происходило на основании принятия частных решений ГРЧЦ.

2.2.3. Системы сухопутной подвижной радиотелефонной связи

Частотное обеспечение систем сотовой связи рассмотрим применительно к функционирующим в настоящее время сетям операторов сотовой связи.

Стандарт IMT MC

International Mobile Telecommunications Multi Carrier - международная мобильная телекоммуникационная система на нескольких несущих, основанная на технологии многостанционного доступа с кодовым разделением каналов CDMA (Code Division Multiple Access).

Изначально технология CDMA была разработана и использовалась для вооруженных сил США, затем компания Qualcomm на ее основе создала первый стандарт CDMA - cdmaOne. Свое развитие технология CDMA получила в стандарте IMT-MC 450 (CDMA-450).

Начиная с 1960-х годов и до настоящего времени, весь диапазон частот 450 МГц (390-470 МГц) интенсивно используется РЭС различного применения на совместной основе, и поэтому очень перегружен, особенно в экономически развитых регионах страны.

В рассматриваемом диапазоне до 1995 г. в России существовало следующее распределение частот. Радиорелейным станциям (РРС) прямой видимости были выделены полосы частот 390,3-429,7 и 431,3-469,7 МГц (42 канала с интервалом 930 кГц и дуплексным разносом 40 МГц); радиовысотомерам - 427-461 МГц; высокочастотным установкам - 433,05-434,79 МГц (номинал радиочастоты 433,92 МГц +0,2%), а радиоловительским РЭС - 430-440 МГц. Для гражданских РЭС СПР частотный ресурс в этом диапазоне практически отсутствовал.

В начале 1990-х годов в стране сформировались условия для создания в диапазоне 450 МГц радиосетей СПР, и на российский рынок стали поступать разработанные зарубежными фирмами высокотехнологичные РЭС сотовой и транкинговой радиосвязи, персонального радиовызова и охранно-пожарной сигнализации. Спрос на радиочастотный ресурс в этом диапазоне со стороны РЭС гражданского применения резко возрос. Однако хотя бы частичное перераспределение частот в пользу гражданских РЭС было в то время почти неразрешимой проблемой для радиочастотных органов страны и ГКРЧ.

Принятое в мае 1995 г. решение ГКРЧ № 30/5 «Об утверждении плана распределения полос радиочастот в диапазоне 390-450 МГц между РЭС

гражданского применения» было на тот момент очень прогрессивным и своевременным шагом в регулировании использования радиочастотного спектра в диапазоне 450 МГц. Этим решением были уменьшены полосы частот для малоканальных радиорелейных станций прямой видимости до двух участков: 394-410 и 434-450 МГц. Дуплексный разнос остался 40 МГц, а межканальный интервал стал как 930 кГц, так и 465 кГц. Для РРС оставалось 17 каналов с интервалом 930 кГц или 33 канала с интервалом 465 кГц. Действующим РРС, у которых рабочие радиоканалы не попадали в указанные участки полос, было разрешено работать до конца срока амортизации установленного оборудования. План распределения полос радиочастот в диапазоне 390-470 МГц между РЭС гражданского применения показан в таблицах 2.12 и 2.13.

Ограничение радиочастотного ресурса для малоканальных РРС позволило выделить радиочастоты в полосах 412-417 и 422-427 МГц для производственных и коммерческих сетей СПС, в том числе транкингового типа, а в полосах частот 453-457,5 и 463-467,5 МГц - для сотовых сетей аналогового стандарта NMT-450 при наличии резерва свободных или при высвобождении ранее выданных каналов. Кроме того, были выделены полосы радиочастот 457,4-458,45 и 467,4-468,45 МГц для создания сетей дуплексной поездной радиосвязи. Сохранились и выделенные ранее участки для высокочастотных установок (433,05-434,79 МГц) и любительских радиостанций (430-440 МГц), включая радиолюбительскую спутниковую службу (435-438 МГц).

В этих же полосах на совместной основе продолжали работать РЭС как военного и правительственного применения, так и РЭС других служб: подвижной спутниковой службы (394-399,9 МГц), вспомогательной службы метеорологии (401-406 МГц), радиогеодезических систем (430-440 МГц), диспетчерских и производственно-технологических сетей отрасли электроэнергетики (458,45-460/ 468,45-469 МГц) и др.

План распределения полос радиочастот в диапазоне 390-470 МГц между РЭС гражданского применения

Номер полосы частот	Полоса частот (МГц)	Каким РЭС используется	Номер условия использования (приложение 1)	С какими РЭС совмещается (совместно используется) полоса частот	Полоса частот совместного использования (МГц)
1	2	3	4	5	6
1	390.3-429.7 431.3-469.7	Малоканальные РРС типа "ГРАЛ-400/24", а также других типов, имеющих такие же характеристики.	1,21	Средства радиотелефонной связи в сельской местности.	395-397
				РЭС подвижной спутниковой службы.	394-399.9
2	394-410 434-450	Малоканальные РРС типа "Пихта-0.4ЦФ", "Бутон", а также других типов, имеющих такие же характеристики.	2,21	РЭС сухопутной подвижной службы.	401-406 434-440 442-450
				Морские радиогеодезические системы.	434-450
				Радиовысотомеры малых высот типа РВ-УМ, РВ-2.	434-450
				РЭС любительской и любительской спутниковой служб.	434-440
				РЭС различных спутниковых служб: - по каналу космос-Земля	399.7-402 434-440 456-469.7
				- по каналу Земля-космос	401-403 405.878- 405.978 439.8-439.96
				Средства радиосвязи вспомогательной службы метеорологии.	401-406
3	430-440	РЭС любительской службы.	3,21	Малоканальные РРС гражданского применения.	434-440
				Морские радиогеодезические системы.	430-440
4	435-438	РЭС любительской спутниковой службы.	4,21	Радиовысотомеры малых высот типа РВ-УМ, РВ-2.	430-440
				РЭС службы космической эксплуатации.	433-440 (космос-Земля)

Номер полосы частот	Полоса частот (МГц)	Каким РЭС используется	Номер условия использования (приложение 1)	С какими РЭС совмещается (совместно используется) полоса частот	Полоса частот совместного использования (МГц)
1	2	3	4	5	6
				РЭС спутниковой службы исследования Земли.	439.8-439.96 (Земля-космос)
				РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб.	430-440
5	420-450	РЭС службы радиоопределения. Морские радиогеодезические системы.	5,21	Малоканальные РРС гражданского применения.	434-450
				Радиовысотомеры малых высот типа РВ-УМ, РВ-2.	427-450
				РЭС любительской и любительской спутниковой служб.	430-440
				РЭС службы космической эксплуатации.	433-440 (космос-Земля)
				РЭС спутниковой службы исследования Земли.	439.8-439.96 (Земля-космос)
				РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб.	420-427 430-440 442-450
6	401-406 442-447	РЭС сухопутной подвижной службы. Системы сухопутной подвижной радиосвязи многостанционного доступа.	6,21	Малоканальные РРС гражданского применения.	401-406 442-447
				Средства радиосвязи вспомогательной службы метеорологии.	401-406
				РЭС службы космической эксплуатации.	401-402 (космос-Земля)
				Морские радиогеодезические системы.	442-447
				РЭС спутниковой службы исследования Земли и метеорологической спутниковой службы.	401-403 (Земля-космос)
				Радиовысотомеры малых высот типа РВ-УМ, РВ-2.	442-447
7	395-397 417.5-419.5	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной	7,21	Малоканальные РРС гражданского применения.	395-397
				РЭС подвижной спутниковой службы.	395-397

Номер полосы частот	Полоса частот (МГц)	Каким РЭС используется	Номер условия использования (приложение 1)	С какими РЭС совмещается (совместно используется) полоса частот	Полоса частот совместного использования (МГц)
1	2	3	4	5	6
		служб. Средства радиотелефонной связи в сельской местности.		Средства передачи ТВ информации на борт обитаемых космических аппаратов.	417.5-419.5
8	412-417.0125 422-427.0125	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб. Средства радиотелефонной связи в сельской местности. Средства транковых (пучковых) систем сухопутной подвижной радиосвязи.	23,21	Средства передачи ТВ информации на борт обитаемых космических аппаратов. Морские радиогеодезические системы.	412-417.0125 422-427.0125
9	390-394 417-422 430-440 447-450 458.45-460 468.45-469	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб. Средства диспетчерской и производственно-технологической радиосвязи.	8,21	РЭС подвижной спутниковой службы. Средства радиотелефонной связи в сельской местности. Средства передачи ТВ информации на борт обитаемых космических аппаратов. Морские радиогеодезические системы. РЭС любительской и любительской спутниковой служб. Малоканальные РРС гражданского применения.	390-394 417.5-419.5 417-422 420-422 447-450 430-440 430-440 434-440 447-450

Номер полосы частот	Полоса частот (МГц)	Каким РЭС используется	Номер условия использования (приложение 1)	С какими РЭС совмещается (совместно используется) полоса частот	Полоса частот совместного использования (МГц)
1	2	3	4	5	6
		Средства производственной радиотелеметрии.		Радиовысотомеры малых высот типа РВ-УМ, РВ-2.	430-440 447-450 458.45-460
				Средства передачи ТВ информации с борта обитаемых космических аппаратов.	458.45-460 468.45-469
				РЭС службы космической эксплуатации.	433-440 (космос-Земля)
				РЭС спутниковой метеорологии.	468.45-469 (космос-Земля)
10	453-457.5 463-467.5	РЭС сухопутной подвижной службы. Аналоговые сотовые системы сухопутной подвижной радиосвязи общего пользования (СПР-ОП) федерального стандарта NMT-450.	9	Радиовысотомеры малых высот типа РВ-УМ, РВ-2.	453-457.5
				Средства передачи ТВ информации с борта обитаемых космических аппаратов.	456-457.5 463-467.5
				РЭС дуплексной поездной радиосвязи.	457.4-457.5 467.4-467.5
				РЭС спутниковой метеорологии.	463-467.5
11	457.4-458.45 467.4-468.45	РЭС сухопутной подвижной службы. РЭС дуплексной поездной радиосвязи на сети железных дорог Российской Федерации.	10	Радиовысотомеры малых высот типа РВ-УМ, РВ-2.	457.4-458.45
				Средства передачи ТВ информации с борта обитаемых космических аппаратов.	457.4-458.45 467.4-468.45
				Аналоговая СПР-ОП федерального стандарта NMT-450.	457.4-457.5 467.4-467.5
				РЭС спутниковой метеорологии.	467.4-468.45

Номер полосы частот	Полоса частот (МГц)	Каким РЭС используется	Номер условия использования (приложение 1)	С какими РЭС совмещается (совместно используется) полоса частот	Полоса частот совместного использования (МГц)
1	2	3	4	5	6
12	399.7-401.2 (космос-Земля)	Бортовые РЭС ИСЗ и КА для радионавигации, метеорологии и космических исследований.	11	Малоканальные РРС гражданского применения.	399.7-402
				Средства радиосвязи вспомогательной службы метеорологии.	401-402
13	400.15-401 (космос-Земля)	РЭС службы космических исследований и метеорологической спутниковой службы.	12	РЭС спутниковой службы исследования Земли и метеорологической спутниковой службы.	401-402 (Земля-космос)
				РЭС сухопутной подвижной службы.	401-402
14	401-402 (космос-Земля)	РЭС службы космической эксплуатации.	13		
15	401-403 (Земля-космос)	РЭС спутниковой службы исследования Земли и метеорологической спутниковой службы.	14	Малоканальные РРС гражданского применения.	401-403
				РЭС службы космической эксплуатации.	401-402 (космос-Земля)
				Средства радиосвязи вспомогательной службы метеорологии.	401-403
				РЭС сухопутной подвижной службы.	401-403
16	405.878-405.978 (Земля-космос)	РЭС спутниковой службы радиоопределения (судовые средства)	11	—	
17	406-406.1 (Земля-космос)	РЭС спутниковой службы радиоопределения. Аварийные радиомаяки-указатели места бедствия.	11	Любые излучения в этой полосе РЭС другого назначенная запрещены (решение ГКРЧ от 28.05.84).	
18	406.1-410	Приемные устройства радиоастрономической службы.	15	—	

Номер полосы частот	Полоса частот (МГц)	Каким РЭС используется	Номер условия использования (приложение 1)	С какими РЭС совмещается (совместно используется) полоса частот	Полоса частот совместного использования (МГц)
1	2	3	4	5	6
19	401-406	Средства радиосвязи вспомогательной службы метеорологии.	16	Малоканальные РРС гражданского применения, РЭС сухопутной подвижной службы.	401-406
				РЭС службы космической эксплуатации.	401-402
				РЭС спутниковой службы исследования Земли и метеорологической спутниковой службы.	401-403
20	410-427 (Земля-космос)	Средства передачи ТВ информации на борт обитаемых КА.	17	РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб.	412-427
				Морские радиогеодезические системы.	420-427
21	410-420 (космос-космос)	РЭС службы космических исследований.	11	Средства передачи ТВ информации на борт обитаемых космических аппаратов.	410-420
22	433-440 (космос-Земля)	РЭС службы космической эксплуатации.	13	Малоканальные РРС гражданского применения.	434-440
				РЭС любительской и любительской спутниковой служб.	433-440
				Морские радиогеодезические системы.	433-440
				Радиовысотомеры малых высот типа РВ-УМ, РВ-2.	433-440
				РЭС спутниковой службы исследования Земли.	438.8-439.96
				РЭС сухопутной подвижной службы.	433-440
23	439.8-439.96 (Земля-космос)	РЭС спутниковой службы исследования Земли.	11	РЭС службы космической эксплуатации.	438.8-439.96
				Малоканальные РРС гражданского применения.	438.8-439.96
				Радиовысотомеры малых высот типа РВ-УМ, РВ-2.	438.8-439.96
				Морские радиогеодезические системы.	438.8-439.96
				РЭС любительской службы.	438.8-439.96
24	390-399.9 (Земля-космос, космос-Земля)	РЭС подвижной спутниковой службы.	11,21	Малоканальные РРС гражданского применения.	394-399.9
				РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб.	390-394 395-397

Номер полосы частот	Полоса частот (МГц)	Каким РЭС используется	Номер условия использования (приложение 1)	С какими РЭС совмещается (совместно используется) полоса частот	Полоса частот совместного использования (МГц)
1	2	3	4	5	6
25	456-470 (космос-Земля)	Средства передачи ТВ информации с борта обитаемых КА (система "Фобос-Кречет").	18	Средства аналоговой сотовой системы СПР-ОП федерального стандарта NMT-450.	456-457.5 463-467.5
				РЭС дуплексной поездной радиосвязи.	457.4-458.45 467.4-468.45
				РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб.	458.45-460 468.45-469
				РЭС спутниковой метеорологии.	460-470
26	460-470 (космос-Земля)	РЭС спутниковой метеорологии.	20,21	Средства аналоговой сотовой системы СПР-ОП федерального стандарта NMT-450.	463-467.5
				РЭС дуплексной поездной радиосвязи.	467.4-468.45
				РЭС фиксированной и сухопутной подвижной службы.	468.5-469
27	427-461	РЭС воздушной радионавигационной службы. Радиовысотометры малых высот типа РВ-УМ, РВ-2.	19	Средства аналоговой сотовой системы СПР-ОП федерального стандарта NMT-450.	453-457.5
				РЭС дуплексной поездной радиосвязи.	457.4-458.45
				РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб.	430-440 442-450 458.45-460
				Малоканальные РРС гражданского применения.	434-450
				РЭС любительской и любительской спутниковой служб.	430-440 435-438
				Морские радиогеодезические системы.	427-450
				РЭС службы космической эксплуатации.	433-440
				Средства передачи ТВ информации с борта обитаемых космических аппаратов.	456-461

Номер полосы частот	Полоса частот (МГц)	Каким РЭС используется	Номер условия использования (приложение 1)	С какими РЭС совмещается (совместно используется) полоса частот	Полоса частот совместного использования (МГц)
1	2	3	4	5	6
28	427-433 440-442 447-453 460-463 469-470	Полосы частот предназначаются для преимущественного использования РЭС правительственной связи, безопасности, правопорядка и обороны России.	21	Частоты для РЭС гражданского назначения в этих полосах, кроме полосы 447-450 МГц, как правило, не назначаются. Возможность использования частот РЭС гражданского применения в отдельных случаях определяется по согласованию с Минобороны России и ФАПСИ.	
29	390-427	Полоса частот в Москве и в Московской зоне радиусом 350 км используется РЭС Минобороны России.		—	
30	457.5125-457.5875 467.5125-467.5875	Морская подвижная служба. РЭС внутрисудовой радиосвязи.	22	РЭС дуплексной поездной радиосвязи. Радиовысотометры малых высот типа РВ-УМ, РВ-2.	457.5125-457.5875 467.5125-467.5875
31	463-467 (космос-Земля)	Спутниковая служба исследования Земли.	24	Аналоговая СПР-ОП федерального стандарта NMT-450. РЭС спутниковой метеорологии. Средства передачи ТВ информации с борта обитаемых космических аппаратов.	463-467 463-467 463-467

**Приложение 1 к плану распределения полос радиочастот.
Условия использования отведенных (разрешенных) полос (номиналов) радиочастот**

№№ Условий	Полоса (номиналы, сетка) частот, (МГц)	Условия использования частот
1	2	3
1	390.3-429.7 431.3-469.7 $f_{\text{нп}}=430-40+0.93n$ $f_{\text{вп}}=430+0.93n$ $f_{\text{нп}}=390.93$ $f_{\text{вп}}=430.93$	<p>Малоканальные РРС применяются для строительства ведомственных РРЛ, а также РРЛ зональных (низовых) сетей ВСС. Допускается использование для развития абонентских распределительных сетей местных АТС ТФОП и ПАТС. На действующих РРЛ присвоенные частоты могут использоваться до конца амортизации установленного оборудования. Для новых РРЛ рабочие частоты назначаются Главгоссвязьнадзором России в пределах полос 394-410 МГц и 434-450 МГц (стволы 2-4, 12, 14, 15 при 4-х частотном плане), исходя из электромагнитной обстановки в конкретном районе по согласованию с Минобороны России. При этом должны соблюдаться территориальные ограничения, определенные решениями ГКРЧ России, а также условия совмещения с РЭС другого назначения. Использование частот ствола 5 не допускается, т.к. излучения в полосе 406-406.1 МГц запрещены. Кроме того, должна обеспечиваться защита от радиопомех средств радиоастрономической службы, осуществляющих наблюдение, в полосе 406.1-410 МГц.</p>
2	394-410.0 434-450.0 $f_{\text{нп}}=430-36.28+0.93n$ $f_{\text{вп}}=430+3.72+0.93n$ $f_{\text{1нп}}=394.65$ $f_{\text{1вп}}=434.65$ или $f_{\text{нп}}=430-35.815+0.465n$ $f_{\text{вп}}=430+4.185+0.465n$ $f_{\text{1нп}}=394.65$ $f_{\text{1вп}}=434.65$ $n=1...17$	<p>Малоканальные РРС с сеткой 930 кГц или 465 кГц применяются для строительства ведомственных РРЛ, а также для развития сетей телефонной связи в сельской местности и сетей производственно-технологической связи предприятий. При использовании РРС для строительства радиорелейных линий при 4-х частотном плане должны формироваться стволы, соответствующие стволам РРС "ТРАЛ-400/24" с той же нумерацией и той же сеткой частот 930 кГц.</p> <p>При использовании РРС для строительства однопролетных радиолоний рабочие частоты назначаются Госсвязьнадзором России по согласованию с Минобороны России, исходя из реальной электромагнитной обстановки в конкретном районе с учетом ограничений, определенных решениями ГКРЧ России, а также условий совмещения с РЭС другого назначения. Излучения в полосе 406-406.1 МГц не допускаются. Должна обеспечиваться защита от радиопомех средств радиоастрономической службы, осуществляющих наблюдение в полосе 406.1-410 МГц.</p>
3	430-440	<p>Частоты РЭС любительской службы используются на вторичной основе в соответствии с правилами, установленными для радиолюбителей, с учетом занятости частот РЭС других служб. Мощность передатчиков не должна превышать 5 Вт. Разрешения на работу</p>

№№ Условий	Полоса (номиналы, сетка) частот, (МГц)	Условия использования частот
1	2	3
		любительских РЭС оформляет Госсвязьнадзор России установленным порядком. При оформлении разрешений радиолюбителям сообщаются частоты, занятые другими РЭС. Отдельные частоты в этой полосе могут использоваться РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб. Рабочие частоты для этих РЭС назначает Главгоссвязьнадзор России на основании соответствующих решений ГКРЧ России по согласованию с Минобороны России, а в зоне радиусом 350 км от города Москвы - с ФАСПИ. Разрешения на работу любительских РЭС в полосе частот 430-433 МГц в зоне радиусом 350 км от города Москвы не выдаются.
4	435-438	Условия использования частот определяются решениями ГКРЧ России на разработку бортовых и земных станций конкретных систем любительской спутниковой связи.
5	420-450	Используются отдельные частоты в районах морского побережья на вторичной основе. Рабочие частоты назначаются Госсвязьнадзором России по согласованию с МО России, исходя из реальной электромагнитной обстановки в районе применения системы, а также исходя из норм ЧТР с другими РЭС, использующими частоты в этой полосе. Эти нормы разрабатываются предприятием-изготовителем геодезических систем и представляются в Главгоссвязьнадзор России.
6	401-406 442-447 401.025+0.025 (n-1) 442.025+0.025 (n-1) n=1...199 f1=401.025 f199=405.975	Рабочие частоты, необходимые для построения сети в конкретном районе, назначаются Госсвязьнадзором России с учетом занятости частот малоканальными РРС и другими РЭС, использующими эти полосы частот. При этом должны соблюдаться территориальные ограничения, определенные решениями ГКРЧ России, а также нормы ЧТР с РЭС другого назначения. Эти нормы ЧТР разрабатываются заказчиком и направляются в Главгоссвязьнадзор России. При назначении частот должен применяться метод назначения с группированием частотных каналов.
7	395-397 417.5-419.5	Полоса частот используется действующими средствами радиотелефонной связи в сельских районах до конца амортизации. Разработка новых аналогичных средств должна осуществляться в полосах частот 412-417 МГц и 422-427 МГц. Рабочие частоты для эксплуатации серийно выпускаемых радиосредств назначаются Госсвязьнадзором России установленным порядком.
8	390-394 417-422 430-440 447-450	Рабочие частоты для каждой конкретной сети назначаются Госсвязьнадзором России установленным порядком. В зоне радиусом 350 км от города Москвы в полосе 430-433 МГц рабочие частоты Госсвязьнадзором России назначаются по согласованию с ФАПСИ. При составлении частотных планов все средства сухопутной подвижной и

№№ Условий	Полоса (номиналы, сетка) частот, (МГц)	Условия использования частот
1	2	3
	458.45-460 468.45-469	фиксированной служб пользуются равным правом выбора частот. При этом должны соблюдаться территориальные ограничения, определенные решениями ГКРЧ России, а также условия совместного использования распределенных полос частот. Полоса частот 430-440 МГц в г. Москве может использоваться средствами сухопутной подвижной радиосвязи общего пользования при условии принятия технических мер по исключению помех РЭС службы космической эксплуатации Минобороны России и Российского космического агентства в соответствии с решениями ГКРЧ России.
9	453-457.5 463-467.5	Полоса частот распределена в преимущественное использование для построения сетей СПР-ОП стандарта NMT-450. Рабочие частоты, необходимые для построения сетей СПР-ОП в конкретных районах, назначаются Госсвязьнадзором России установленным порядком. При этом должны соблюдаться условия использования полос частот, определенные решениями ГКРЧ России от 01.03.93 (протокол N 9/3).
10	457.4-458.45 467.4-468.45	Рабочие частоты для организации дуплексной поездной радиосвязи на сети железных дорог Российской Федерации определяет МПС в соответствии с планом внедрения аппаратуры поездной радиосвязи диапазона 460 МГц, согласованным с Главгоссвязьнадзором России и Минобороны России, с учетом результатов исследований по определению условий совместного использования выделенных полос радиочастот для поездной радиосвязи с другими РЭС, проведенных в соответствии с решением ГКРЧ России от 05.07.93 (протокол № 13/2).
11	399.7-401.2 (космос-Земля)	Условия использования полосы частот определяются решениями ГКРЧ России на создание соответствующих спутниковых систем.
12	400.15-401 (космос-Земля)	Могут использоваться отдельные частоты для передачи телеметрической информации с борта КА. Конкретные частоты и полоса, занимаемая излучением, определяются решениями ГКРЧ России на разработку бортовых РЭС.
13	401-402 (космос-Земля) 433-440 (космос-Земля)	Могут использоваться отдельные частоты для передачи телеметрической информации с борта КА, касающейся жизнеобеспечения и управления КА. Конкретные частоты и полоса, занимаемая излучением, определяются решениями ГКРЧ России на разработку соответствующих РЭС.
14	401-403 (Земля-космос)	Могут использоваться отдельные частоты для передачи на борт КА команд и сигналов телеуправления. Конкретные частоты и полоса, занимаемая излучением, определяются решениями ГКРЧ России на разработку соответствующих РЭС.

№№ Условий	Полоса (номиналы, сетка) частот, (МГц)	Условия использования частот
1	2	3
15	406.1-410	Пункты размещения радиоастрономических станций и условия использования полосы радиочастот для наблюдений согласовываются с Госсвязьнадзором России и Минобороны России.
16	401-406	Используются отдельные частоты. Конкретные номиналы радиочастот для работы средств радиосвязи этой службы в конкретных районах назначаются Главгоссвязьнадзором России по согласованию с Минобороны России, исходя из занятости частот РЭС другого назначения, работающими в этих районах. При этом должны соблюдаться условия совмещения с РЭС другого назначения.
17	410-427 (Земля-космос)	Полоса частот используется для передачи ТВ информации на борт обитаемых космических аппаратов. Места размещения земных станций передачи ТВ информации определяются Минобороны России.
18	456-470 (космос-Земля)	Полоса частот для передачи ТВ информации с борта обитаемых космических аппаратов типа "Мир" с применением оборудования "Фобос-Кречет" может использоваться до конца амортизации в соответствии с решением ГКРЧ России от 27.02.95.
19	427-461	Полоса частот может использоваться только действующими радиовысотомерами малых высот до конца амортизации в соответствии с решением ГКРЧ России от 28.11.94.
20	460-470 (космос-Земля)	Могут использоваться отдельные частоты для передачи с борта космических аппаратов метеорологической информации. Конкретные частоты и полоса, занимаемая излучением, определяются решениями ГКРЧ России на разработку бортового оборудования.
21	427-433 440-442 447-453 460-463 469-470 390-427	Порядок использования радиочастот в этих полосах (за исключением полосы частот 429-433 МГц в Московской зоне - радиусом 350 км от центра г. Москвы) определяется Минобороны России, а в полосе частот 429-433 МГц в Московской зоне определяет ФАПСИ. Рабочие частоты для РЭС гражданского назначения в полосах 390-427 МГц и 447-450 МГц в зоне радиусом 350 км от центра г. Москвы, как правило, не назначаются. Рабочие частоты в полосе 429-433 МГц в зоне радиусом 350 км от центра г. Москвы могут назначаться по согласованию с ФАПСИ. Рабочие частоты для РЭС гражданского назначения могут назначаться Госсвязьнадзором России по согласованию с Минобороны России.
22	457.5125-457.5875 467.5125-467.5875	Номиналы частот 457.525 МГц; 457.550 МГц; 457.575 МГц; 467.525 МГц; 467.550 МГц; 467.575 МГц используются для внутрисудовой радиосвязи при плавании в акваториях морей и океанов. При нахождении судов в территориальных водах и в морских портах Российской федерации частоты могут использоваться в соответствии с решением ГКРЧ

№№ Условий	Полоса (номиналы, сетка) частот, (МГц)	Условия использования частот
1	2	3
		России от 26.04.93. Эти частоты могут использоваться РЭС фиксированной и сухопутной подвижной служб в соответствии с решением ГКРЧ России от 26.04.93.
23	412-417.0125 422-427.0125 412.025+0.025(n-1) 422.025-0.025(n-1) n=1...200 f1=412.025 f200=417	Рабочие частоты, необходимые для построения сети в конкретном районе, назначаются Госсвязьнадзором России установленным порядком. При этом должен, в основном, применяться метод назначения частот с группированием частотных каналов.
24	463-467 (космос-Земля)	Могут использоваться отдельные частоты. Конкретные частоты и полоса, занимаемая излучением, определяются решениями ГКРЧ России на разработку бортовых средств спутниковой системы "ГеоИК-2".

Начиная с 2003 года, продолжилось развитие сетей СПР, причем спрос на использование радиочастот в диапазоне 450 МГц не только не снижается, а, наоборот, возрастает. Это объясняется появлением на российском рынке РЭС, работающих на базе новых цифровых технологий (TETRA, IMT-МС-450), которые позволяют расширить перечень услуг связи при более эффективном использовании радиочастотного спектра. Однако для этих РЭС в диапазоне 450 МГц не было специально выделенных полос, а реализация услуг связи на основе новых технологий требовали значительного радиочастотного ресурса.

В России решением ГКРЧ № 15/3 от 24.12.2001 «О возможности использования полос радиочастот 453-457,4 и 463-467,4 МГц для развития на территории Российской Федерации сетей сухопутной подвижной радиосвязи с применением оборудования стандарта CDMA-400» для цифровой системы сотовой подвижной связи IMT-МС-450 выделены полосы радиочастот 453-457,4 и 463-467,4 МГц шириной $2 \times 4,4$ МГц. 29 апреля 2002 года на очередном заседании ГКРЧ, где рассматривался вопрос об использовании полос частот в диапазоне 450 МГц для развертывания стандарта IMT-МС 450, было принято решение о возможности развертывания коммерческой сети IMT-МС 450 в Санкт-Петербурге, Ленинградской, Новгородской, Псковской областях и республике Карелия.

Для обеспечения работы РЭС системы IMT-МС-450 в выделенных полосах частот, имеющих ширину $2 \times 4,4$ МГц, для реализации только одного широкополосного канала требовалось высвобождение непрерывного участка спектра не менее чем $2 \times (1,25 + 2 \times 0,26) = 2 \times 1,77$ МГц, что требовало определения условий их совместной работы с действующими узкополосными системами. Поэтому принятию решения ГКРЧ № 15/3 от 24.12.2001 предшествовало проведение целого ряда мероприятий в рамках «Концепции развития в России систем сотовой подвижной связи общего пользования на период до 2010 года».

Необходимость использования операторами полос радиочастот 453-457,4 и 463-467,4 МГц для создания сотовых сетей IMT-МС-450 только путем поэтапной замены их действующих сетей стандарта NMT-450 и ограниченность ресурса каналов в выделенных полосах частот ($2 \times 4,4$ МГц при минимально необходимом $2 \times 4,3$ МГц) затруднили возможность одновременной работы в регионе нескольких операторов сотовых сетей данного стандарта.

Указанные особенности радиочастотного обеспечения сетей IMT-МС-450 нашли отражение в приказе Минсвязи России № 157 от 30.12.2002 «О федеральной сети сотовой подвижной связи стандарта IMT-МС-450 в диапазоне частот 450 МГц». В частности, в приказе отмечено, что операторы сетей NMT-450 должны продолжать обслуживание своих абонентов и предоставлять услуги национального роуминга в течение срока действия выданных лицензий. Одновременно должна проводиться модернизация аналоговой сети сотовой связи NMT-450 на основе цифрового стандарта IMT-МС-450. Заключение о возможности использования частотных присвоений в

полосах 453-457,4 и 463-467,4 МГц для получения лицензии выдаются ФГУП «Главный радиочастотный центр» (ГРЧЦ) при наличии у заявителя частного решения ГКРЧ и с учетом требований о величине минимального частотного ресурса, установленных решением ГКРЧ от 19.08.02 № 20/5. Проводимые специалистами ГРЧЦ расчеты при подготовке заключений показали возможность серьезных проблем при частотно-территориальном планировании фрагментов сетей ИМТ-МС-450, и особенно на границах региональных сетей в тех случаях, когда широкополосные каналы базовых станций в соседних сетях не совпадают.

Проведенные исследования по переводу аналоговых сетей сотовой связи стандарта NMT-450 на цифровые сети ИМТ-МС-450, а также натурные испытания с целью определения норм частотно-территориального разноса (ЧТР) и условий совместного использования РЭС, работающих по технологии CDMA-450, с другими РЭС этого диапазона позволили перейти к массовой замене аналоговых сетей на цифровые.

Интерес к стандарту ИМТ-МС-450 вполне объясним с экономической точки зрения. Использование оборудования в диапазоне частот 450 МГц имеет ряд преимуществ. К числу таких преимуществ можно отнести существенное увеличение зоны обслуживания базовых станций, что как нельзя лучше подходит для обширных просторов России. При этом площадь соты ИМТ-МС-450 на 50-70% превосходит площадь соты NMT-450 и вдвое больше GSM-900, а емкость сети ИМТ-МС-450 в зависимости от количества несущих на базовой станции превосходит типовые требования по нагрузке NMT-450 в 1,2 - 4 раза.

Используемые в сетях NMT-450 полосы частот шириной 2*4,5 МГц при переходе на ИМТ-МС-450 потенциально позволяют оператору организовать три дуплексных канала шириной 1,25 МГц с необходимыми защитными полосами. Однако этому мешали РЭС все того же NMT-450. По этой причине на начальном этапе развертывания сетей ИМТ-МС-450 полоса рабочих частот составляла только один дуплексный канал шириной 1,25 МГц.

Наиболее крупным оператором сетей ИМТ-МС-450 является компания «Скай Линк». В настоящее время ЗАО «Скай Линк» обладает лицензиями на услуги связи стандарта ИМТ МС-450 в 60 регионах России, однако сети связи построены этой компанией только в 32 регионах, включая Москву и Московскую область, Санкт-Петербург и Ленинградскую область.

Кроме того, услуги связи в стандарте ИМТ МС-450 в различных регионах предоставляют еще несколько региональных операторов связи: «Уралвестком» в Екатеринбурге, «Апекс» в Челябинске, «ЦентрТелеком» в Ярославле, Иваново и Костроме, «Северо-восточные Телекоммуникации» в Республике Саха (Якутия), «Байкалвестком» в Иркутской области, «Енисейтелеком» в Красноярском крае, филиал «Сибирьтелеком» в Томской области и др. Общее количество абонентов - 1,2 млн.

15 декабря 2009 г. ГКРЧ рассмотрела вопрос **«Об использовании полос радиочастот 453-457,4 МГц, 463-467,4 МГц, 1920-1935 МГц и 2110-2125 МГц радиоэлектронными средствами стандарта ИМТ-МС на территории**

Российской Федерации» (решение ГКРЧ № 09-05-04), т.е. о возможности создания в России двухдиапазонных сетей сотовой связи стандарта IMT-MS в диапазонах 450 МГц и 2,1 ГГц. По результатам рассмотрения, ГКРЧ приняла решение признать возможным и целесообразным использование полос радиочастот 453-457,4 МГц, 463-467,4 МГц, 1920-1935 МГц и 2110-2125 МГц для создания на территории РФ двухдиапазонных сетей сухопутной подвижной радиосвязи стандарта IMT-MS с соответствующими техническим характеристикам (табл. 2.14, 2.15).

Таблица 2.14

Основные технические характеристики РЭС стандарта IMT-MS в полосах радиочастот 453-457,4 МГц и 463-467,4 МГц

Наименование параметра	Размерность параметра	Значение параметра	
		Абонентская станция	Базовая станция
Метод радиодоступа		DS-CDMA FDD Прямое расширение спектра с частотным дуплексным разносом	
Рабочий диапазон частот	МГц	ПРД 453-457,4 ПРМ 463-467,4	ПРД 463-467,4 ПРМ 453-457,4
Ширина частотного канала	МГц	1,25	
Классы излучения		1M25G7W, 1M25G7D, 1M25G7E 1M25D7W, 1M25D7D, 1M25D7E	
Максимальная ширина спектра сигнала, МГц, на уровне	-3 дБ	1,25	1,25
	-30 дБ	1,77	1,45
	-60 дБ	4	4
Максимальная мощность передатчика	дБм	30/40 (носимая/стационарная, возимая)	50
Побочные излучения		В соответствии с нормами ГКРЧ на побочные излучения	
Избирательность по соседнему каналу		В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р М.1457	
Максимальный коэффициент усиления антенны	дБ	0/13 (носимая/стационарная, возимая)	19

Таблица 2.15

Основные технические характеристики РЭС стандарта IMT-МС в полосах радиочастот 1920-1935 МГц и 2110-2125 МГц

Наименование параметра	Размерность параметра	Значение параметра	
		Абонентская станция	Базовая станция
Метод радиодоступа		DS-CDMA FDD Прямое расширение спектра с частотным дуплексным разносом	
Рабочий диапазон частот	МГц	ПРД 1920-1935 ПРМ 2110-2125	ПРД 2110-2125 ПРМ 1920-1935
Ширина частотного канала	МГц	1,25	
Ограничения по использованию полосы частот		В соответствии с решением ГКРЧ от 28.04.2009 № 09-03-03 минимальный частотный разнос между номиналами рабочих частот радиоэлектронных средств сетей стандартов IMT-МС и UMTS в диапазоне 2 ГГц должен составлять не менее 4,15 МГц *	
Классы излучения		1M25G7W, 1M25G7D, 1M25G7E 1M25D7W, 1M25D7D, 1M25D7E	
Максимальная ширина спектра сигнала, МГц, на уровне	-3 дБ	1,25	1,25
	-30 дБ	1,77	1,45
	-60 дБ	4	4
Максимальная мощность передатчика	дБм	24	43
Побочные излучения		В соответствии с нормами ГКРЧ на побочные излучения	
Избирательность по соседнему каналу		В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р М.1457	
Максимальный коэффициент усиления антенны	дБ	0	19

* Минимальный частотный разнос между номиналами рабочих частот РЭС сети стандарта IMT-МС и РЭС, планируемых к использованию в соответствии с решениями ГКРЧ от 28 апреля 2008 г. №№ 08-24-05-070, 08-24-05-071, 08-24-05-072, 08-24-05-073, 08-24-05-074, 08-24-05-075, 08-24-05-076, должен быть определен по результатам дополнительных исследований

Было установлено, что для одного оператора связи минимально необходимый радиочастотный ресурс для создания двухдиапазонных сетей сухопутной подвижной радиосвязи стандарта IMT-MS в полосах радиочастот 453-457,4 МГц и 463-467,4 МГц составляет $2 \times 4,4$ МГц, в полосах радиочастот 1920-1935 МГц и 2110-2125 МГц минимально необходимый радиочастотный ресурс составляет $2 \times 7,5$ МГц, а достаточный радиочастотный ресурс для оказания услуг связи с заданным качеством с учетом развития сетей связи в диапазоне 2100 МГц составляет 2×15 МГц.

Также было установлено, что доступный для оказания услуг связи радиочастотный спектр в полосах радиочастот 453-457,4 МГц, 463-467,4 МГц, 1920-1935 МГц и 2110-2125 МГц на территории субъектов РФ ограничивает возможное количество операторов связи одним оператором связи.

Были выделены полосы радиочастот 453-457,4 МГц, 463-467,4 МГц, 1920-1935 МГц и 2110-2125 МГц для разработки, производства и модернизации гражданами Российской Федерации и российскими юридическими лицами РЭС сухопутной подвижной радиосвязи стандарта IMT-MS без оформления отдельных решений ГКРЧ для каждого конкретного типа РЭС при условии, что технические характеристики разрабатываемых, производимых и модернизируемых РЭС соответствуют прилагаемым техническим характеристикам.

Учитывая, что в настоящее время на территории субъектов Российской Федерации в полосах радиочастот 453-457,4 МГц и 463-467,4 МГц действуют сети сухопутной подвижной радиосвязи стандарта IMT-MS, выделить в установленном порядке операторам связи указанных сетей, которые получили соответствующие решения ГКРЧ и выполнили указанные в них условия выделения полос радиочастот, полосы радиочастот 1920-1935 МГц и 2110-2125 МГц для применения РЭС в двухдиапазонных сетях сухопутной подвижной радиосвязи стандарта IMT-MS.

В полосах радиочастот 453-457,4 МГц и 463-467,4 МГц операторы связи могут продолжать развивать действующие сети стандарта IMT-MS на условиях и с тактико-техническими характеристиками, изложенными в соответствующих ранее выданных решениях ГКРЧ и разрешениях на использование радиочастот.

При этом указанные операторы связи могут применять новые типы РЭС без оформления отдельных решений ГКРЧ при условии, что тактико-технические характеристики применяемых РЭС будут соответствовать тактико-техническим характеристикам, указанным в приложении к данному решению ГКРЧ, или тактико-техническим характеристикам, указанным в соответствующих ранее выданных решениях ГКРЧ.

Использование выделенных полос радиочастот для применения РЭС в создаваемых двухдиапазонных сетях сухопутной подвижной радиосвязи стандарта IMT-MS должно осуществляться при выполнении следующих условий:

- соответствие технических характеристик применяемых РЭС основным техническим характеристикам, указанным в табл. 2.14, 2.15 или в соответствующих ранее принятых решениях ГКРЧ;

- получение в установленном порядке разрешения на использование радиочастот на основании заключения экспертизы о возможности использования заявленных РЭС и их ЭМС с действующими и планируемыми для использования РЭС;

- регистрация применяемых РЭС должна осуществляться в установленном порядке.

Ввоз на территорию Российской Федерации РЭС сухопутной подвижной радиосвязи стандарта IMT-MS должен осуществляться в установленном порядке.

Срок действия настоящего решения ГКРЧ до 1 декабря 2019 г.

Получение радиочастот диапазона 2,1 ГГц предоставляет в распоряжение операторов связи более широкополосный частотный ресурс, что позволяет реализовывать полноценные услуги сотовой связи третьего поколения (3G) с возможностью применять в таких сетях технологию высокоскоростной передачи данных EV-DO Rev.B. Более высокочастотный диапазон будет реализован в местах максимального трафика, например, непосредственно в Москве и Санкт-Петербурге. Также планировалось начать продажи сотовых телефонов, работающих в двух диапазонах частот - 450 МГц и 2,1 ГГц.

Стандарт GSM

GSM (Global System for Mobile Communications) - глобальный цифровой стандарт для мобильной сотовой связи, с разделением частотного канала по принципу TDMA и частотным разнесением дуплекса (FDD). Разработан под эгидой ETSI в конце 80-х годов. Первая коммерческая сеть была запущена в 1991г в диапазоне GSM900; в 1993-1995 годах были запущены сети в диапазонах GSM850, GSM1800 и GSM1900. Позже ETSI вводит такие услуги, как GPRS - пакетная передача данных, характеризующаяся большей скоростью передачи данных. В 2002 году ввод в эксплуатацию надстройки (для GPRS) EDGE еще больше увеличивает скорость передачи данных.

Частотные диапазоны GSM

Характеристики\ Диапазон	GSM900	E-GSM900	R-GSM900	GSM1800	GSM1900
Частота восходящего канала, МГц	890..915	880..915	890..925	1710..1785	1850..1910
Частота нисходящего канала, МГц	935..960	925..960	935..970	1805..1880	1930..1990
Частотный разнос дуплекса, МГц	45	45	45	95	80

В некоторых странах, в том числе и в России, используются расширенные диапазоны частот, которые называются E-GSM (Extended GSM) и R-GSM (Railway GSM), в то время как обычный диапазон носит название P-GSM (Primary).

В нашей стране частоты 890-915 МГц и 935-960 МГц для сетей сотовой связи стандарта GSM-900 были выделены решением **ГКРЧ России от 27.04.1992 (протокол №2)**.

При проведении расчетов ЭМС и составлении частотного плана должны были применяться «Нормы ЧТР GSM-900», утвержденные решением **ГКРЧ России от 30.12.1996 (протокол № 42/4)**, а на заседании ГКРЧ России 2 апреля 2001 года (протокол № 7/3) была принята «Методика оценки минимально допустимого частотного ресурса, необходимого для создания сотовой сети радиотелефонной связи стандарта GSM-900». В частности было определено, что не должны выделяться номиналы рабочих частот для создания новой сотовой сети подвижной радиосвязи стандарта GSM-900, если в данном регионе в пределах полос частот 890-915 МГц и 935-960 МГц объем свободного частотного ресурса составляет менее $(4,8 \cdot 2)$ МГц с учетом действующих сетей и возможности их развития. Аналогичный показатель для диапазона GSM-1800 в пределах полос частот 1710-1785 МГц и 1805-1880 был определен **решением ГКРЧ от 01.10.2001 (протокол №12/4)** и составил не менее $(8 \cdot 2)$ МГц.

Решением **ГКРЧ России от 09.07.2001 (протокол № 10/1)** была определена возможность и условия использования полос радиочастот 880-890 МГц и 925-935 МГц для систем GSM, т.е. вариант расширения стандарта - E-GSM. В частности в этом решении было указано, что для исключения помех от сотовых сетей подвижной радиосвязи существующим радиоэлектронным средствам правительственного назначения, работающим в указанных полосах радиочастот в тех регионах, где планируется развертывание сотовых сетей подвижной радиосвязи с использованием радиочастот в полосах 880-890 МГц и 925-935 МГц, оператором сети должны быть приняты необходимые организационно-технические меры, вплоть до компенсации затрат на перевод существующих средств в другие полосы радиочастот, смены режима их работы или переназначения рабочих частот.

Также вопросы применения РЭС стандарта GSM рассматривались на заседании **ГКРЧ 15.12.2009 (решение № 09-05-07) «Об организации работ для проведения исследований в полосах радиочастот 880-915 МГц и 925-960 МГц»**.

Использование полос частот 876-880 МГц и 921-925 МГц для интеграции Российской Федерации в единую систему цифровой радиосвязи

GSM-R высокоскоростных магистралей Европы было обсуждено на заседании ГКРЧ 09.06.1997 (протокол 46/3).

На заседании ГКРЧ 27.02.2006 (протокол №06-12-03-001) было принято решение «**Об использовании методов повышения эффективности использования радиочастотного спектра в сетях подвижной радиотелефонной связи стандарта GSM 900/1800 на территории Российской Федерации**». Данное решение признало возможным использование технологии EDGE в сетях подвижной радиотелефонной связи стандарта GSM 900/1800 и режима псевдослучайной перестройки рабочей частоты в сетях подвижной радиотелефонной связи стандарта GSM-900.

Вопрос «**О выделении полос радиочастот 890-915 МГц, 935-960 МГц, 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц радиоэлектронным средствам стандарта GSM на территории субъектов Российской Федерации**» (решение № 07-19-02-001) был в повестке дня ГКРЧ на заседании 12.02.2007. В ходе предварительных работ были уточнены величины радиочастотного спектра, необходимого для функционирования сети радиотелефонной связи стандарта GSM в диапазонах радиочастот 900 МГц и 1800 МГц; Также была проведена оценка величины радиочастотного спектра для создания новых сетей радиотелефонной связи стандарта GSM на территории субъектов Российской Федерации и определен перечень субъектов Российской Федерации, в которых радиочастотный спектр достаточен для создания одной или более новых сетей радиотелефонной связи стандарта GSM в диапазонах 900 МГц и 1800 МГц.

Был сделан вывод, что доступный для оказания услуг связи радиочастотный спектр ограничивает возможное количество операторов сетей радиотелефонной связи стандарта GSM на территории субъектов Российской Федерации. Поэтому, согласно решению ГКРЧ № 07-19-02-001 от 12.02.2007 в более чем ста субъектах РФ был объявлен конкурс на право получения лицензии на оказание услуг подвижной радиотелефонной связи в полосах радиочастот стандарта GSM. Также были определены основные тактико-технические характеристики РЭС стандарта GSM в полосах радиочастот 890-915 МГц и 935-960 МГц, 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц (табл. 2.16 и 2.17).

Таблица 2.16

Основные тактико-технические характеристики РЭС стандарта GSM в полосах радиочастот 890-915 МГц и 935-960 МГц

Параметр	Размерность	Значение ТТХ	
		Абонентская станция	Базовая станция
Метод радиодоступа		TDMA/FDMA с 8 временными слотами	
Рабочий диапазон частот	МГц	ПРД 890-915 ПРМ 935-960	ПРД 935-960 ПРМ 890-915
Ширина частотного канала	кГц	200	
Сетка частот	кГц	200	
Ограничения по использованию полосы частот		Центральная частота канала, ближайшего к частоте 890 МГц, равна 890.2 МГц или выше Центральная частота канала, ближайшего к частоте 915 МГц, равна 914.8 МГц или ниже Центральная частота канала, ближайшего к частоте 935 МГц, равна 935.2 или выше Центральная частота канала, ближайшего к частоте 960 МГц, равна 959.8 МГц или ниже	
Классы излучения		200KG7D	
Характеристика класса излучения		GMSK, 8-PSK	
Ширина спектра сигнала	-3 дБ, кГц	200	
	-30 дБ, кГц	400	
	-60 дБ, кГц	800	
Максимальная мощность передатчика	дБм	37	49
Побочные излучения	дБ	В соответствии с нормами ГКРЧ на побочные излучения	
Чувствительность приемника	дБм	В соответствии с Рекомендацией 3GPP TS 45.005	
Избирательность по соседнему каналу	дБ	В соответствии с Рекомендацией 3GPP TS 45.005	
Тип антенны		Всенаправленная	Секторная
Максимальный коэффициент усиления антенны	дБ	0	18

Основные тактико-технические характеристики РЭС стандарта GSM в полосах радиочастот 1710-1785 МГц, 1805-1880 МГц

Параметр	Размерность	Значение ТТХ	
		Абонентская станция	Базовая станция
Метод радиодоступа		TDMA/FDMA с 8 временными слотами	
Рабочий диапазон частот	МГц	ПРД 1710-1785 ПРМ 1805-1880	ПРД 1805-1880 ПРМ 1710-1785
Ширина частотного канала	кГц	200	
Сетка частот	кГц	200	
Ограничения по использованию полосы частот		Центральная частота канала, ближайшего к частоте 1710 МГц, равна 1710.2 МГц или выше Центральная частота канала, ближайшего к частоте 1785 МГц, равна 1784.8 МГц или ниже Центральная частота канала, ближайшего к частоте 1805 МГц, равна 1805.2 или выше Центральная частота канала, ближайшего к частоте 1880 МГц, равна 1879.8 МГц или ниже	
Классы излучения		200KG7D	
Характеристика класса излучения		GMSK, 8-PSK	
Ширина спектра сигнала	-3 дБ, кГц	200	
	-30 дБ, кГц	400	
	-60 дБ, кГц	800	
Максимальная мощность передатчика	дБм	36	46
Побочные излучения	дБ	В соответствии с нормами ГКРЧ на побочные излучения	
Чувствительность приемника	дБм	В соответствии с Рекомендацией 3GPP TS 45.005	
Избирательность по соседнему каналу	дБ	В соответствии с Рекомендацией 3GPP TS 45.005	
Тип антенны		Всенаправленная	Секторная
Максимальный коэффициент усиления антенны	дБ	0	21

Данное решение было частично скорректировано на заседании ГКРЧ 29.10.2010 г. «О выделении полос радиочастот 890-915 МГц, 935-960 МГц, 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц радиоэлектронным средствам стандарта GSM на территории субъектов Российской Федерации» (решение № 10-09-04).

Также в определенном смысле знаковые решения ГКРЧ для РЭС стандарта GSM состоялись в 2009 году.

На заседании Комиссии 19.02.2009 г. было принято решение № 10-06-02 «Об использовании полос радиочастот 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц для РЭС сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта GSM, устанавливаемых на борту воздушных судов», согласно которому разрешено использование полос радиочастот 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц для применения на борту воздушных судов, прибывающих в Российскую Федерацию, убывающих из нее и следующих транзитом над территорией Российской Федерации, РЭС сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта GSM на высотах полета не менее 3000 метров и только в пределах воздушных коридоров над территорией Российской Федерации. Основные технические характеристики РЭС сетей подвижной радиосвязи стандарта GSM на борту воздушных судов в полосах радиочастот 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц представлены в таблице 2.18.

Таблица 2.18

Тип РЭС	Диапазон частот, МГц	Высота полета воздушного судна, м	Максимальная ЭИИМ станции, дБм	Максимальная ЭИИМ за пределами фюзеляжа воздушного судна, дБм
Базовая станция	1805-1880	3000	-3	-13
		4000	-0,5	-10,5
		5000	1,5	-8,5
		6000	3,1	-6,9
		7000	4,4	-5,6
		более 8000	5,6	-4,4
Абонентская станция	1710-1785	3000	6,7	-3,3
		4000	8,9	-1,1
		5000	10,5	0,5
		6000	11,8	1,8
		7000	12,9	2,9
		более 8000	13,8	3,8

На этом же заседании было принято решение **«Об использовании полос радиочастот 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц для РЭС сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта GSM, устанавливаемых на борту морских судов»** (решение № 10-06-03-1), согласно которому разрешено использование полос радиочастот 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц для применения на территории Российской Федерации РЭС подвижной радиотелефонной связи стандарта GSM, устанавливаемых на борту российских и иностранных морских судов (включая суда класса «река-море») при соблюдении определенных территориальных ограничений.

Вопросы повышения эффективности использования радиочастотного спектра в сетях сухопутной подвижной радиосвязи стандарта GSM-1800 на территории Российской Федерации рассматривались на заседании ГКРЧ 28.04.2009 г. **«О повышении эффективности использования радиочастотного спектра в сетях сухопутной подвижной радиосвязи стандарта GSM-1800 на территории Российской Федерации»** (решение № 09-03-02). Были утверждены нормы частотно-территориального разнеса РЭС сухопутной подвижной радиосвязи стандарта GSM-1800 с РЭС связи военного назначения в полосах радиочастот 1710-1785 МГц/1805-1880 МГц.

Также было определено, что для РЭС стандарта GSM-1800 разрешения на использование радиочастот или радиочастотных каналов должны содержать перечень радиочастот, разрешенных для использования как в режиме перестройки фиксированных частот, так и в режиме программной перестройки рабочей частоты (ППРЧ).

Стандарт UMTS (3G)

Вопросы, связанные с разработкой и частотными аспектами внедрения систем сухопутной подвижной радиосвязи 3G (международное название International Mobile Telecommunication-2000 или IMT-2000) в рамках Международного союза электросвязи, начали рассматриваться с 1985 года. В Европе разработка стандартов для системы 3G началась с 1990 года, в Европейском институте стандартов электросвязи. В рамках Европейского союза система 3G получила название **Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)**, а технология радиointерфейса наземного сегмента системы UMTS, разработанная ETSI, – UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA).

В проектах, разрабатываемых объединением 3GPP, задействовано два базовых радиointерфейса:

- IMT-DS (IMT-2000 Direct Spread) — прямое расширение спектра (DS-CDMA) с частотным дуплексным разнесом (FDD);

- IMT-TC (IMT-2000 Time-Code) - кодово-временное разделение каналов TDMA/CDMA с временным дуплексным разнесом (TDD).

Европейское распределение радиочастотного спектра для систем 3G определяется решением Европейского комитета радиосвязи (ЕКР) – European Radiocommunications Committee (ERC) по внедрению системы UMTS (решение ERC/DEC/(97)07). В марте 2000 года ERC своим решением ERC/DEC/(00)01 закрепляет важный факт возможности использования Администрациями связи Европейских стран «корневых» полос частот (155 МГц), первоначально отводимых исключительно для UMTS, для внедрения других технологий 3G, составляющих семейство IMT-2000. В документе отмечается, что данное решение продиктовано стремлением создать конкурентный европейский рынок систем подвижной связи 3G на гармонизированной основе частотных распределений.

В настоящее время согласно «Таблицы распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации» для «корневого» диапазона полосы частот, выделенной для радиоэлектронных средств стандарта UMTS распределяются следующим образом:

- диапазон радиочастот 1935 – 2100 МГц имеет категорию «СИ»;
- диапазон радиочастот 2100 – 2170 МГц имеет категорию «ПР».

Первые шаги, направленные на освобождение полосы частот 2 ГГц были предприняты на заседании ГКРЧ от 27 сентября 1999г. (протокол №17/4), где был утвержден **«План распределения частот в диапазоне 1600-4200 МГц между радиоэлектронными средствами различного назначения»**. Согласно этому плану не должны осуществляться разработка, производство и закупка за границей новых радиорелейных станций, работающих в полосе 1600-2100 МГц. Существующие радиорелейные линии (РРЛ) гражданского применения следовало, по возможности, переводить в другие полосы частот.

Дальнейшее развитие этот вопрос нашел в Решении ГКРЧ от 27 ноября 2000 г. **«Об уточнении использования полосы частот в диапазоне 1700-2100 МГц для работы РЭС фиксированной службы с учетом внедрения на территории Российской Федерации наземного сегмента систем UMTS в диапазоне 2 ГГц»** (протокол № 4/1).

Было отмечено, что РРЛ гражданского применения строятся с использованием частотных планов, соответствующих рекомендациям МСЭ-R F.283 и F.382, которые не позволяют оптимально использовать радиочастотный ресурс при размещении новых распределений частот в диапазоне 1700-2100 МГц.

Рекомендация МСЭ-R F.1098 определяет, что там, где введение систем радиосвязи 3-го поколения в полосах частот 1885-2025 и 2110-2200 МГц не согласуется с существующими частотными планами радиорелейных линий, рекомендуются новые частотные планы размещения, предполагающие использование полос частот 2025-2110 и 2200-2290 МГц.

Было признано нецелесообразным дальнейшее выделение полос радиочастот в диапазоне 1700-2100 МГц для разработки и серийного производства на территории Российской Федерации, а также закупки за границей новых РЭС фиксированной службы.

Действующие РЭС фиксированной связи, использующие частоты в полосе 1700-2100 МГц, могли продолжать работу до конца амортизационного срока аппаратуры. Предприятиям-производителям было рекомендовано разработку новых РЭС производить в других диапазонах частот, распределенных фиксированной службой.

Главгоссвязьнадзору России и Минобороны России было определено с 01.01.2001 прекратить рассмотрение заявок на присвоение рабочих частот в полосе 1700-2100 МГц для новых РЭС фиксированной службы гражданского применения на территории европейской части России, а для остальной территории Российской Федерации присвоение рабочих частот в этой полосе частот продолжить до 2005 года.

Непосредственно вопрос выделения частот для стандарта UMTS рассматривался на заседании ГКРЧ 23 октября 2006 г., на котором было принято решение **«О выделении полос радиочастот 1935-1980 МГц, 2010-2025 МГц и 2125-2170 МГц для радиоэлектронных средств стандарта IMT-2000/UMTS на территории Российской Федерации»** (решение № 06-17-01-001).

Было установлено, что доступный для оказания услуг связи радиочастотный спектр ограничивает возможное количество операторов сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта IMT-2000/UMTS на территории Российской Федерации. При этом минимально необходимый радиочастотный спектр для функционирования сети подвижной радиотелефонной связи стандарта IMT-2000/UMTS составляет два непрерывных участка по 15 МГц в полосах радиочастот 1935-1980 МГц и 2125-2170 МГц для организации трех каналов в режиме частотного дуплекса (IMT-DS) и непрерывный участок (5 МГц) в полосе радиочастот 2010-2025 МГц для организации одного канала в режиме временного дуплекса (IMT-TS).

Для применения РЭС стандарта IMT-2000/UMTS должно осуществляться при выполнении соответствия технических характеристик используемых РЭС основным техническим характеристикам, указанным в таблице 2.19 и 2.20 (в редакции ГКРЧ № 12-15-02 от 2.10.2012).

Таблица 2.19

**Основные тактико-технические характеристики РЭС
стандарта UMTS в полосах радиочастот 1920-1980 МГц и 2110-2170 МГц**

	Наименование параметра	Значение параметра	
		Абонентская станция	Базовая станция
1.	Тип дуплекса	Частотный	
2.	Метод радиодоступа	DS-CDMA	
3.	Мощность передатчика, не более, дБм	25	46
4.	Коэффициент усиления антенны, не более, дБ	7	24
5.	Уровни внеполосных излучений	В соответствии с рекомендациями МСЭ-Р	
6.	Побочные излучения	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	

Таблица 2.20

**Основные тактико-технические характеристики РЭС стандарта UMTS
в полосе радиочастот 2010-2025 МГц**

	Наименование параметра	Значение параметра	
		Абонентская станция	Базовая станция
1.	Тип дуплекса	Временной	
2.	Метод радиодоступа	TDMA-CDMA	
3.	Мощность передатчика, не более, дБм	25	46
4.	Коэффициент усиления антенны, не более, дБ	7	24
5.	Уровни внеполосных излучений	В соответствии с рекомендациями МСЭ-Р	
6.	Побочные излучения	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	

В дальнейшем, по результатам проведения конкурса победителями были признаны компании «Мобильные ТелеСистемы», «ВымпелКом» и «МегаФон». Соответствующими решениями ГКРЧ этим компаниям было оформлено выделение конкретных полос радиочастот:

№п.п.	Наименование компании	Выделенные полосы радиочастот (МГц)	Ширина выделенного участка	Примечание
1	ОАО «МегаФон»	1935-1950 и 2125-2140	2*15 МГц	частотный дуплекс
		2010-2015	5МГц	временной дуплекс
2	ОАО «Мобильные ТелеСистемы»	1950-1965 и 2140-2155	2*15 МГц	частотный дуплекс
		2015-2020	5МГц	временной дуплекс
3	ОАО «ВымпелКом»	1965-1980 и 2155-2170	2*15 МГц	частотный дуплекс
		2020-2025	5МГц	временной дуплекс

Строить сети UMTS на частотах GSM-900 было разрешено решением ГКРЧ № 13-22-02 от 11.12.2013 «Об использовании полос радиочастот 890-915 МГц и 935-960 МГц радиоэлектронными средствами стандарта UMTS и последующих его модификаций и полос радиочастот 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц для применения РЭС сетей связи стандарта LTE и последующих его модификаций». ТТХ должны соответствовать значениям, указанным в табл. 2.21.

Таблица 2.21

Основные тактико-технические характеристики РЭС сетей связи стандарта UMTS и последующих модификаций в полосах радиочастот 890-915 МГц и 935-960 МГц

Наименование параметра	Значение параметра	
	Абонентская станция	Базовая станция
Метод радиодоступа	DS-CDMA	
Рабочий диапазон частот, МГц	ПРД 890-915 ПРМ 935-960	ПРД 935-960 ПРМ 890-915
Тип дуплекса	FDD	
Минимальный частотный разнос между номиналами центральных (средних) частот сигналов сетей стандартов GSM и UMTS различных операторов связи, не менее	2,6 МГц	
Уровни внеполосных излучений	В соответствии с рекомендациями МСЭ-Р	
Мощность передатчика, не более, дБм	25	46
Побочные излучения	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	
Коэффициент усиления антенны, не более, дБ	7	24

Развитием технологии 3G в нашей стране стало принятое 19.02.2010 решение ГКРЧ № 10-06-04 «**Об использовании полос радиочастот 1935-1980 МГц и 2125-2170 МГц радиоэлектронными средствами для создания фемтосот в сетях сухопутной подвижной радиосвязи стандарта IMT-2000/UMTS**».

В решении определено, что **радиоэлектронные средства, формирующие фемтосоты – это миниатюрные базовые станции мощностью до 100 мВт и обслуживающие небольшую территорию.**

За фемтосотами закреплена для использования полоса частот UMTS 1920-1980 МГц и 2125-2170 МГц (в редакции ГКРЧ № 12-15-02 от 2.10.2012), также определено, что использование указанных полос радиочастот юридическими и физическими лицами для применения указанных РЭС для создания фемтосот в сетях сухопутной подвижной радиосвязи стандарта IMT-2000/UMTS осуществляется без оформления отдельных решений ГКРЧ для каждого конкретного юридического или физического лица при выполнении следующих условий:

- соответствие технических характеристик применяемых РЭС основным техническим характеристикам, указанным в таблице 2.22;
- применяемые РЭС не должны создавать недопустимых радиопомех, а также не могут требовать защиты от помех со стороны РЭС, используемых для нужд государственного управления;
- применение указанных РЭС только внутри зданий, закрытых офисных, складских и производственных помещений;
- применение указанных РЭС только в пределах зон обслуживания базовых станций соответствующих операторов связи стандарта IMT-2000/UMTS;
- применяемые РЭС должны работать только в пределах присвоенных (назначенных) радиочастот или радиочастотных каналов базовых станций соответствующих операторов связи стандарта IMT-2000/UMTS без оформления дополнительных разрешений на использование радиочастот или радиочастотных каналов для применения указанных РЭС;
- подключение указанных РЭС к сети связи оператора связи стандарта IMT-2000/UMTS должно осуществляться только тем оператором, в сети которого будут функционировать подключаемые РЭС;
- регистрация указанных РЭС должна осуществляться в установленном порядке.

Основные технические характеристики РЭС, предназначенных для создания фемтосот в сетях сухопутной подвижной радиосвязи стандарта IMT-2000/UMTS в полосах радиочастот 1935-1980 МГц и 2125-2170 МГц

Наименование параметра	Значение параметра		Размерность параметра
Метод радиодоступа	DS-CDMA FDD Прямое расширение спектра с частотным дуплексным разносом		–
Ширина частотного канала	5		МГц
Сетка частот	200		кГц
Классы излучения	3M84G7W, 3M84G7D, 3M84G7E, 3M84D7W, 3M84D7D, 3M84D7E		–
Характеристика класса излучения	QPSK, 16QAM, 64QAM		–
Ширина спектра сигнала, на уровне	-3 дБ	3,84	МГц
	-30 дБ	4,7	
	-60 дБ	не нормируется	
Максимальная мощность передатчика	25 – в зоне радиусом 110 км от г. Серпухов и в зоне радиусом 300 км от г. Комсомольск-на-Амуре, 100 – на остальной территории Российской Федерации		мВт
Побочные излучения	В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р М.1457		
Чувствительность приемника	В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р М.1457		
Избирательность по соседнему каналу	В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р М.1457		
Тип антенны	Всенаправленная		
Максимальный коэффициент усиления антенны	0		дБ

В настоящее время РЭС стандарта UMTS «разделяют» полосу частот 1,9-2,1 ГГц с устройствами следующих типов:

1. РЭС связи третьего поколения (3G) стандарта IMT-MS.
2. Еще функционирующие радиорелейные станции гражданского назначения типа ВЭРТ-2PPC, Антерум 400.1, «Пихта-2», ФЛОКС и др.
3. Радиорелейные станции военного назначения типа Р-404, Р-414, Р-418А и др.
4. РЭС Космических войск.

Стандарт 4G

Мобильный WiMAX

Мобильный WiMAX известен также как стандарт IEEE **802.16e (802.16-2005)**. Спецификация утверждена в 2005 году. Это - новый виток развития технологии фиксированного доступа (802.16d). Частотные диапазоны для сетей Mobile WiMAX 2300-2400 МГц, 2496-2690 МГц и 3400-3600 МГц.

Здесь же необходимо отметить, что Институт инженеров электроники и электротехники (ИИЭЭ) утвердил стандарт IEEE 802.16m, известный как как WirelessMAN-Advanced и WiMAX-2. Он позволит повысить пропускную способность беспроводных сетей в несколько раз. Так, стационарное оборудование в сетях нового поколения сможет принимать данные на скорости до 1 Гбит/с, а мобильные устройства и портативные компьютеры - до 100 Мбит/с. При этом сохранится обратная совместимость с существующим оборудованием WiMAX.

Первый релиз 802.16e появился еще в 2005 году. Он предусматривал скорость передачи данных до 37 Мбит/сек в downlink (от базовой станции) и 17 Мбит/сек в uplink. В релизе 802.16e 2009 года были введены ряд новшеств: полоса одного канала расширена до 20 МГц. Кроме того, теперь возможно использование до 2-х частотных каналов для одного соединения. Это позволило увеличить максимальную скорость передачи данных в downlink до 141 Мбит/сек, а uplink – до 138 Мбит/сек. Теперь может быть до 43 одновременно установленных голосовых соединений на одной несущей. Распределение полос радиочастот 2300-2400 МГц и 2500-2690 МГц между радиослужбами Российской Федерации определенное «Таблицей распределения полос частот...» приведено в таблице 2.23.

Таблица 2.23

**Распределение полос частот 2300-2400 МГц и 2500-2690 МГц
между радиослужбами в РФ**

2300-2450 МГц / Подвижная, радиолокационная, фиксированная, 73, 153, 226, 227	ПР
2500-2520 МГц / подвижная, за исключением воздушной подвижной, РАДИОЛОКАЦИОННАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ, 212, 230, 231	ПР
2520-2655 МГц / подвижная, за исключением воздушной подвижной, РАДИОЛОКАЦИОННАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ, 176, 212, 230, 231	ПР
2655-2670 МГц / подвижная, за исключением воздушной подвижной, РАДИОЛОКАЦИОННАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ, Радиоастрономическая, служба космических исследований (пассивная), Спутниковая служба исследования Земли (пассивная) 71, 212, 230, 231	ПР
2670-2690 МГц / подвижная, за исключением воздушной подвижной, РАДИОЛОКАЦИОННАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ, Радиоастрономическая, служба космических исследований (пассивная), Спутниковая служба исследования Земли (пассивная), 71, 212, 230, 231	ПР

К приведенному распределению примечанием №71 рекомендуется принимать все возможные меры для защиты радиоастрономической службы от вредных воздействий станций других служб, функционирующим в полосе 2655-2690 МГц. Полоса радиочастот 2640-2655 МГц примечанием №176 распределена службе космических исследований (пассивная) и спутниковой службе исследования Земли (пассивная) на вторичной основе. Согласно примечанию №212 возможность и условия использования системой ИМТ – 2000 полосы радиочастот 2500 – 2690 МГц или ее части определяются дополнительно. Полоса радиочастот 2341 – 2381 МГц по примечанию №226 (космос - Земля) может использоваться РЭС службы космической эксплуатации управления космическими аппаратами. Согласно примечанию №227 полоса радиочастот 2320 – 2320,150 МГц может использоваться РЭС любительской службы на вторичной основе. В полосе радиочастот 2500 – 2690 МГц использование тропосферных радиорелейных станций фиксированной службы не допускается согласно примечанию №230.

Примечанием №231 утверждается, что полоса радиочастот 2500 – 2690 МГц может использоваться системами распределения программ телевидения, а в отдельных случаях указанная полоса радиочастот может использоваться системами передачи данных.

Суммарный радиочастотный ресурс рассматриваемых полос радиочастот 2300-2400 МГц и 2500-2690 МГц составляет 290 МГц, который согласно приведенной таблице 2.22 распределен между радиослужбами следующим образом:

- полоса 2300-2450 МГц относится к категории «ПР» и на первичной основе распределена: Подвижной, Радиолокационной, и Фиксированной службам;

- полосы 2500-2520 МГц и 2520-2655 МГц относятся к категории «ПР» и на первичной основе распределены: Подвижной (за исключением воздушной подвижной), Радиолокационной и Фиксированной службам;

- полосы 2655-2670 МГц и 2670-2690 МГц категории «ПР» на первичной основе распределены: Подвижной (за исключением воздушной подвижной), Радиолокационной, Фиксированной службам и на вторичной основе: Радиоастрономической, Службе космических исследований (пассивная) и Спутниковой службе исследования Земли (пассивная).

РЭС, представляющие радиослужбы в полосах частот 2300-2400 МГц и 2500-2690 МГц показаны на рисунках 2.1 и 2.2, соответственно.

Распределение исследуемых полос радиочастот 2300-2400 МГц и 2500-2690 МГц по радиослужбам [5] на первичной и вторичной основе, соответственно, приведено в таблице 2.24.

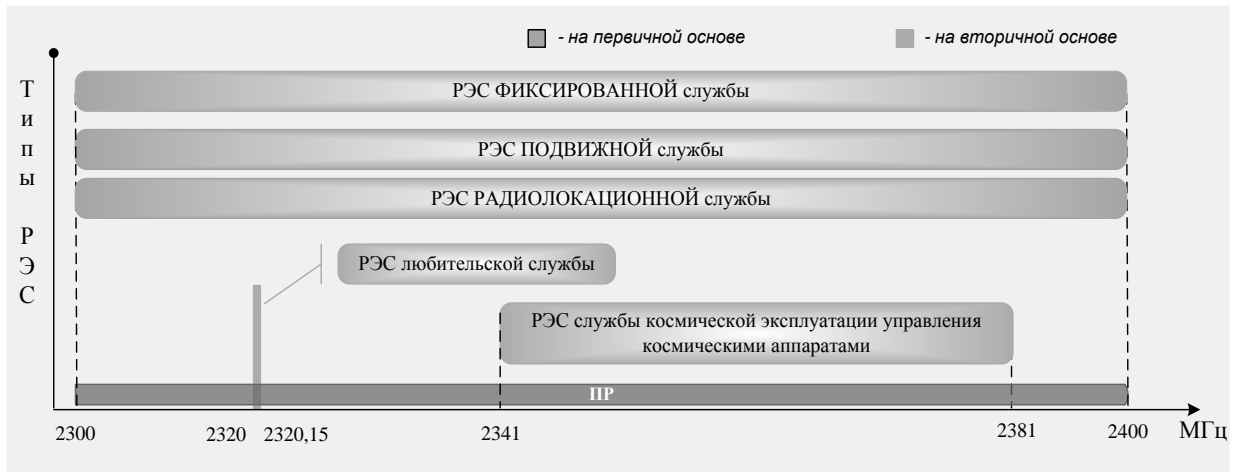


Рисунок 2.1. Типы РЭС использующие диапазон частот 2300 – 2400 МГц



Рисунок 2.2. Типы РЭС использующие диапазон частот 2500 – 2690 МГц

Таблица 2.24

Распределение РЧР рассматриваемых полос радиочастот по радиослужбам

Службы	Используемый РЧР в полосах радиочастот, МГц					% от суммарного РЧР
	2300-2450	2500-2520	2520-2655	2655-2670	2670-2690	
На первичной основе:						
ПОДВИЖНАЯ	100	-	-	-	-	34,4
ПОДВИЖНАЯ, за исключением воздушной подвижной	-	20	135	15	20	65,6
Радиолокационная	100	20	135	15	20	100
ФИКСИРОВАННАЯ	100	20	135	15	20	100
На вторичной основе:						
Радиоастрономическая	-	-	-	15	20	12,1
Служба КИ (пассивная)	-	-	15	-	-	5,2
Спутниковая служба ИЗ (пассивная)	-	-	15	-	-	5,2

Из представленных данных следует, что на территории РФ исследуемые полосы частот 2300-2400 МГц и 2500-2690 МГц частично или полностью перекрывается рабочими полосами радиочастот РЭС гражданского назначения следующих типов:

- РЭС правительственного назначения;
- РЭС ФС (РРЛ прямой видимости);
- РЭС СКЭ, СКИ, ССИЗ, МСС;
- РЭС любительской спутниковой службы;
- ВЧ установки ПНМБ;
- РЭС ПС и ПСС;
- РЭС ФС (систем беспроводной передачи данных);
- РЭС радиоастрономической службы;
- РЭС ФС (систем MMDS);
- РЭС РСС и дополнительной наземной радиовещательной службы (звук) (цифровые);
- РЭС СКИ и ССИЗ (пассивные).

Стандарт LTE

Общепризнано, что LTE - это основное направление эволюции сетей сотовой связи третьего поколения. Основным достоинством LTE является то, что она строится на базе существующего оборудования со сравнительно легкой интеграцией GSM и WCDMA, иными словами, LTE-сеть поддерживает существующие абонентские устройства 2G и 3G. Этому лишены сети WiMAX.

Стандарты LTE и WiMAX имеют много общего. В частности, в обоих стандартах используется технология кодирования OFDM (Orthogonal Frequency-division Multiplexing) и технология передачи данных MIMO (Multiple Input Multiple Output), а также частотное разделение сигналов FDD (Frequency Division Duplex) и TDD (Time Division Duplex) дуплексирование при пропускной полосе канала до 20 МГц. Обе системы связи используют протокол IP, успешно применяют свой диапазон частот и обеспечивают клиентам соизмеримую скорость передачи данных при работе в сети интернет.

Одним из различий стандартов LTE и WiMAX является более простая и более надежная инфраструктура сети WiMAX, что объясняется предназначением стандарта исключительно для передачи данных. В то же время, более сложная инфраструктура LTE обеспечивает ее совместимость со стандартами поколений 2G и 3G – GSM и UMTS, которая, безусловно, будет востребована абонентами сети.

В сети WiMAX базовая схема переиспользования частотного диапазона базируется на трех частотных каналах. При трехсекторной конфигурации базовых станций определенного диапазона в каждом из секторов используется один из трех каналов, а коэффициент переиспользования частот при этом равен 3. То есть, в каждой из точек доступна лишь треть радиочастотного диапазона сети. Сети LTE функционируют с коэффициентом

переиспользования частот, равным 1. Другими словами, все базовые станции сети LTE работают на одной несущей частоте. В такой системе внутрисистемные помехи присутствуют минимально. Этому во многом способствуют частотно-селективная диспетчеризация, гибкий частотный план и координация помех между отдельными сотами. Клиентам, находящимся в центре соты могут выделяться в пользование ресурсы из всей диапазона свободного канала, а абоненты на краях сот могут пользоваться частотами лишь из определенных поддиапазонов.

Указанная специфика сетей LTE и WiMAX оказывает большое влияние на ключевую характеристику – степень радиопокрытия, с учетом которой определяется требуемое количество базовых станций для полноценного покрытия конкретной территории. В конечном итоге, от этого зависит итоговая стоимость строительства сетей LTE.

Расчеты показывают, что при одинаковом числе базовых станций сеть LTE может обеспечить лучшую зону покрытия.

В настоящее время LTE фактически вытеснил WiMAX из основных частотных диапазонов (рис. 2.3).

Наконец 8 сентября 2011 г. было принято решение ГКРЧ **«Об использовании радиочастотного спектра радиоэлектронными средствами стандарта LTE и последующих его модификаций»** (решение № 11-12-02)

В основу решения были положены результаты работ, проведенные Временным объединением операторов связи «Консорциум 4G» («большая тройка» и «Ростелеком») по вопросам определения возможности и условий использования полос радиочастот 694-915 МГц, 925-960 МГц, 1710-1880 МГц, 1900-1980 МГц, 2010-2025 МГц, 2110-2170 МГц и 2500-2700 МГц для внедрения сетей связи мобильного широкополосного доступа перспективных радиотехнологий.

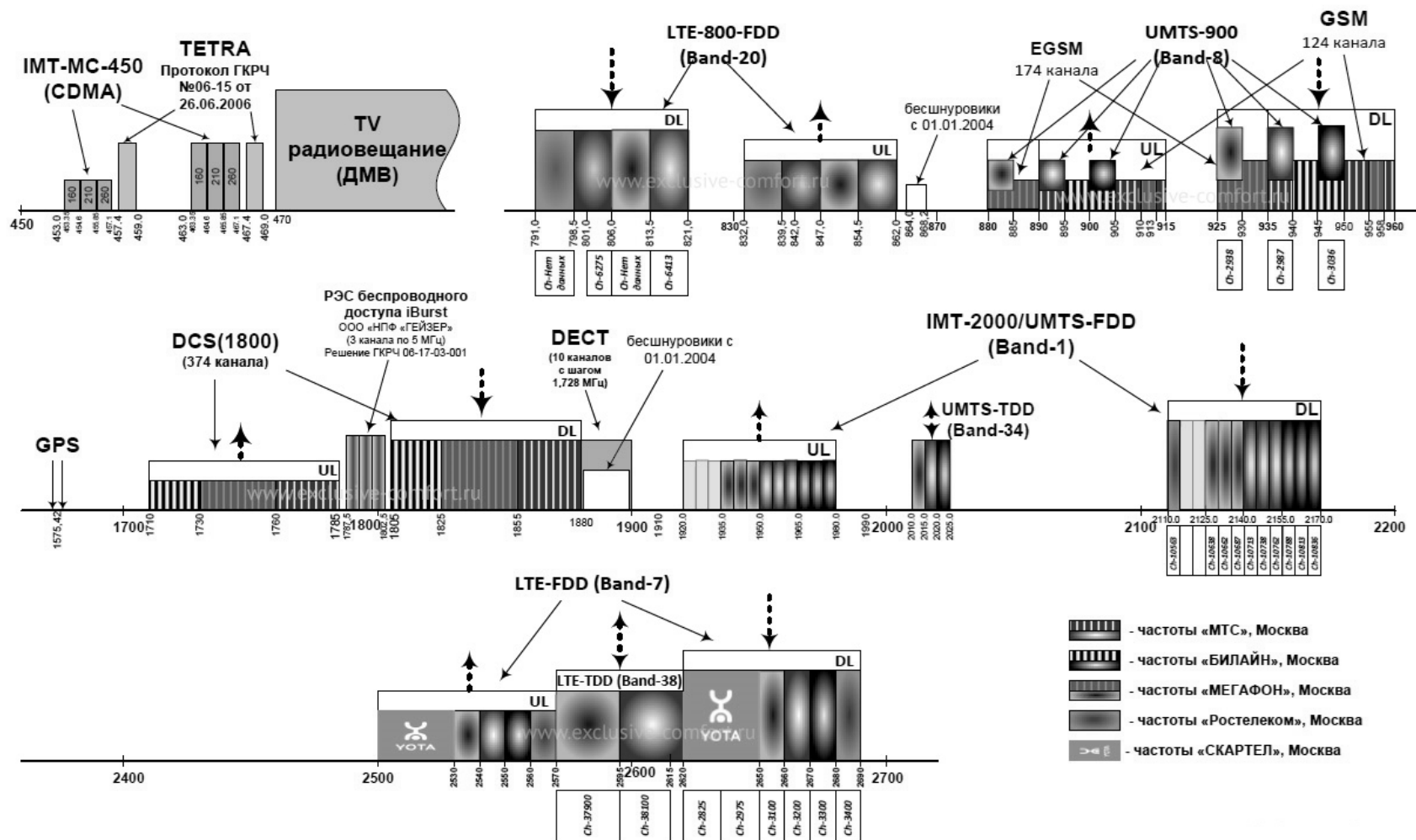


Рисунок 2.3. – Схема выделения полос радиочастот для стандарта LTE и других технологий

Комиссия определила полосы радиочастот 791-862 МГц, 2500-2690 МГц и 2300-2400 МГц для создания на территории Российской Федерации сетей связи стандарта LTE и последующих его модификаций, а также утвердила тактико-технические характеристики данных РЭС (в редакции ГКРЧ № 12-15-02 от 2.10.2012) (табл.2.25-2.26).

Таблица 2.25

Основные тактико-технические характеристики РЭС стандарта LTE и последующих модификаций в полосах радиочастот 791-862 МГц, 2500-2570 МГц и 2620-2690 МГц

	Наименование параметра	Значение параметра	
		Абонентская станция	Базовая станция
1.	Тип дуплекса	Частотный	
2.	Метод радиодоступа	SC-FDMA, OFDMA	
3.	Мощность передатчика, не более, дБм*	25	46
4.	Коэффициент усиления антенны, не более, дБ**	7	24
5.	Уровни внеполосных излучений	В соответствии с рекомендациями МСЭ-Р	
6.	Побочные излучения	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	

* допускается увеличение суммарной мощности передатчиков базовых станций в различных конфигурациях MIMO до 49 дБм.

** допускается применение узконаправленных антенн базовых станций, предназначенных для обеспечения связи вдоль линейных сооружений (дороги, трубопроводы и т.д.), с коэффициентом усиления антенны базовой станции до 26 дБ.

Таблица 2.26

Основные тактико-технические характеристики РЭС стандарта LTE и последующих модификаций в полосах радиочастот 2300-2400 МГц и 2570-2620 МГц

	Наименование параметра	Значение параметра	
		Абонентская станция	Базовая станция
1.	Тип дуплекса	Временной	
2.	Метод радиодоступа	SC-FDMA, OFDMA	
3.	Мощность передатчика, не более, дБм*	25	46
4.	Коэффициент усиления антенны, не более, дБ	7	24
5.	Уровни внеполосных излучений	В соответствии с рекомендациями МСЭ-Р	
6.	Побочные излучения	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	

* допускается увеличение суммарной мощности передатчиков базовых станций в различных конфигурациях MIMO до 49 дБм

На основании этого решения сети LTE в России строят МТС, «МегаФон» и его «дочка» «Скартел» (на этой сети услуги оказывают Yota и «МегаФон»), «Вымпелком», «Ростелеком», «Основа Телеком», а также «Вайнах Телеком» в Чечне.

Решением ГКРЧ от 16.03.2012 №12-14-1-16, №12-14-1-17 и №12-14-1-18 полоса 1900-1920 МГц была выделена для применения РЭС LTE TDD компаниям «Антарес», «Арктур» и «Интеграл». Основанием послужил тот факт, что еще 28.04.2008 эта полоса частот была выделена данным компаниям для применения РЭС сетей подвижной связи.

Строить сети LTE на частотах GSM-1800 было разрешено решением ГКРЧ № 13-22-02 от 11.12.2013 «Об использовании полос радиочастот 890-915 МГц и 935-960 МГц радиоэлектронными средствами стандарта UMTS и последующих его модификаций и полос радиочастот 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц для применения РЭС сетей связи стандарта LTE и последующих его модификаций». ТТХ должны соответствовать значениям, указанным в табл. 2.27.

Таблица 2.27

Основные тактико-технические характеристики РЭС сетей связи стандарта LTE и последующих модификаций в полосах радиочастот 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц

Наименование параметра	Значение параметра	
	Абонентская станция	Базовая станция
Метод радиодоступа	SC-FDMA, OFDMA	
Рабочий диапазон частот, МГц	ПРД 1710-1785 ПРМ 1805-1880	ПРД 1805-1880 ПРМ 1710-1785
Тип дуплекса	FDD	
Минимальный частотный разнос между номиналами центральных (средних) частот сигналов сетей стандартов GSM и LTE различных операторов связи, не менее	1 МГц для классов излучения 1M08 и 1M40 1,8 МГц для классов излучения 2M70 и 3M00 2,7 МГц для классов излучения 4M50 и 5M00 5,2 МГц для классов излучения 9M00 и 10M0 7,7 МГц для классов излучения 13M5 и 15M0 10,2 МГц для классов излучения 18M0 и 20M0	
Уровни внеполосных излучений	В соответствии с рекомендациями МСЭ-Р	
Мощность передатчика, не более, дБм	25	46
Побочные излучения	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	
Коэффициент усиления антенны, не более, дБ	7	24

Это решение позволило строить сети LTE компании «Tele2 Россия».

Что касается технологии WiMAX, то фактически она сейчас реализуется в полосе 3,5 ГГц (крупнейшим оператором является компания «ТрансТелеком»).

Порядок использования полос частот в этом диапазоне определен в решении ГКРЧ № 11-11-05 от 10 марта 2011 г. «**Об использовании радиоэлектронными средствами фиксированного беспроводного доступа полос радиочастот 3400-3450 МГц и 3500-3550 МГц**».

Тактико-технические характеристики РЭС представлены в табл. 2.28, 2.29.

Таблица 2.28

**Основные тактико-технические характеристики РЭС
в полосах радиочастот 3400-3440 МГц и 3545-3550 МГц**

Тактико-технические характеристики	Значение ТТХ	
	Абонентская станция	Базовая станция
Метод радиодоступа	TDMA, OFDMA Доступ на основе временного и ортогонального частотного мультиплексирования	
Тип дуплекса	TDD	
Классы излучения	5M00G7W, 5M00D7W, 7M00G7W, 7M00D7W, 10M0G7W, 10M0D7W, 20M0G7W, 20M0D7W	
Ширина полосы излучения для разных классов излучения	В соответствии с Приказом Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 14.09.2010 № 124 «Правила применения оборудования радиодоступа. Часть I. Правила применения оборудования радиодоступа для беспроводной передачи данных в диапазоне от 30 МГц до 66 ГГц»	
Максимальная мощность передатчика, дБВт (в том числе и суммарная мощность передатчиков в конфигурации MIMO)	0	8
Побочные излучения	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	
Максимальный коэффициент усиления антенны, дБ	7	17
Топология сети	точка-многоточие	

**Основные тактико-технические характеристики РЭС
в полосах радиочастот 3440-3450 МГц и 3500-3545 МГц**

Тактико-технические характеристики	Значение ТТХ	
	Абонентская станция	Базовая станция
Метод радиодоступа	TDMA, OFDMA Доступ на основе временного и ортогонального частотного мультиплексирования	
Тип дуплекса	TDD	
Классы излучения	5M00G7W, 5M00D7W, 7M00G7W, 7M00D7W, 10M0G7W, 10M0D7W, 20M0G7W, 20M0D7W	
Ширина полосы излучения для разных классов излучения	В соответствии с Приказом Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 14.09.2010 № 124 «Правила применения оборудования радиодоступа. Часть I. Правила применения оборудования радиодоступа для беспроводной передачи данных в диапазоне от 30 МГц до 66 ГГц»	
Максимальная мощность передатчика для городов I/II/III/IV категории, дБВт (в том числе и суммарная мощность передатчиков в конфигурации MIMO)	-10 / -10 / -10 / 0	-10 / -10 / -10 / 0
Максимальная ЭИИМ для городов I/II/III/IV категории, дБВт	-4 / 0 / 10 / 20	-4 / 0 / 10 / 20
Побочные излучения	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	
Топология сети	точка-многоточие	

Применительно ко всем стандартам подвижной радиотелефонной связи надо отнестись решение ГКРЧ № 12-16-02 от 19.12.2012 «**Об использовании полос радиочастот 791-862 МГц, 890-915 МГц, 935-960 МГц, 1710-1785 МГц, 1805-1880 МГц, 1920-1980 МГц, 2010-2025 МГц, 2110-2170 МГц, 2300-2400 МГц и 2500-2690 МГц маломощными радиоэлектронными средствами**» (в ред. решения ГКРЧ № 12-16-02 от 19.12.2012).

Решение позволило применять маломощные радиоэлектронные средства в полосах радиочастот 791-862 МГц, 1920-1935 МГц, 2110-2125 МГц, 2300-2400 МГц и 2500-2690 МГц без оформления отдельных решений ГКРЧ и разрешений на использование радиочастот или радиочастотных каналов.

Это позволит существенно улучшить качество предоставляемых услуг связи в зонах неуверенного приема сигнала как внутри помещений, так и на улице. Основные условия:

- применение РЭС осуществляется только в пределах зон обслуживания базовых станций, при этом РЭС должны работать только на тех радиочастотах или радиочастотных каналах, которые присвоены (назначены) соответствующей базовой станции;

- применение РЭС осуществляется только соответствующими операторами подвижной радиотелефонной связи;

- установка РЭС осуществляется операторами подвижной радиотелефонной связи или их аккредитованными (подрядными) организациями.

Технические характеристики РЭС определены в табл. 2.30-2.32.

Таблица 2.30

Основные технические характеристики маломощных базовых станций в полосах радиочастот 791-862 МГц, 890-915 МГц, 935-960 МГц, 1710-1785 МГц, 1805-1880 МГц, 1920-1980 МГц, 2010-2025 МГц, 2110-2170 МГц, 2300-2400 МГц, 2500-2690 МГц

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра				Размерность параметра
1	Полосы радиочастот	791-821	890-915 935-960	1710-1785/1805-1880 1920-1980/2010-2025/2110-2170	2300-2400 2500-2690	МГц
2	ЭИИМ, не более	-7	0	-7	0	дБВт
3	Тип антенны	всенаправленная, направленная				-

Таблица 2.31

Основные технические характеристики ретрансляторов в полосах радиочастот 791-862 МГц, 890-915 МГц, 935-960 МГц, 1710-1785 МГц, 1805-1880 МГц, 1920-1980 МГц, 2010-2025 МГц, 2110-2170 МГц, 2300-2400 МГц, 2500-2690 МГц

№ п/п	Наименование параметра		Значение параметра				Размерность параметра	
1	Полосы радиочастот		791-862	890-915 935-960	1710-1785 1805-1880	1920-1980 2010-2025 2110-2170	2300-2400 2500-2690	МГц
2	ЭИИМ, не более	На линии «Ретранслятор-БС»	-12 (832-862 МГц)	3	3	-6	0	дБВт
		На линии «Ретранслятор-АС»	-7 (791-821 МГц)	3	-7	-10	0	
3	Тип антенны	На линии «Ретранслятор-БС»	направленная				-	
		На линии «Ретранслятор-АС»	всенаправленная				-	

Таблица 2.32

Территориальные ограничения по размещению маломощных РЭС диапазонов частот 791-862 МГц, 890-915 МГц, 935-960 МГц, 1710-1785 МГц, 1805-1880 МГц, 1920-1980 МГц, 2010-2025 МГц, 2110-2170 МГц, 2300-2400 МГц, 2500-2690 МГц

№ п/п	Полосы радиочастот, МГц	Стандарт сетей СПР	Территориальные ограничения	
			Маломощные базовые станции	Ретрансляторы (репитеры)
1	791-862	LTE-800	не ближе 16 км от аэродромов (аэропортов) и радиолокационных позиций	
2	890-892,3 935-937,3	GSM-900 UMTS-900	без ограничений	без ограничений
3	892,3-915 937,3-960	GSM-900	не ближе 10 км от аэродромов (аэропортов) и не дальше 9 км от обслуживающих базовых станций	не ближе 12 км от аэродромов (аэропортов) и не дальше 7 км от обслуживающих базовых станций
		UMTS-900	не ближе 14 км от аэродромов (аэропортов) и не дальше 13 км от обслуживающих базовых станций	не ближе 16 км от аэродромов (аэропортов) и не дальше 11 км от обслуживающих базовых станций
4	1920-1980 2010-2025	IMT/UMTS	-	охранная зона аэродромов (аэропортов)
5	2110-2170	IMT/UMTS	за пределами 110 км от г. Серпухов и 300 км от г. Комсомольск-на-Амуре	

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО СЕТЕЙ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

3.1. Лицензирование услуг связи в системах сухопутной подвижной радиосвязи

Прежде чем приступить к проектированию и строительству системы связи необходимо, наряду с решением вопроса о доступе к радиочастотному спектру, получить лицензии на оказание соответствующих услуг связи. Лицензирование услуг связи является важнейшим этапом, на котором определяется логическая структура строящейся системы СПР. Для предоставления конкретного типа услуги связи оператору придется выполнить все лицензионные условия, к которым относятся ограничения на структуру сети, на применимость того или иного типа оборудования, порядок использования частотного ресурса, номерной емкости, порядок пропуска трафика и пр. Для разных типов услуг связи лицензионные условия сильно различаются и часто не позволяют в рамках одной сети реализовать несколько услуг. Процедура лицензирования осуществляется Роскомнадзором и определена постановлением Правительства РФ от 18 февраля 2005 г. N 87 (в ред. Постановления Правительства РФ от 29.12.2005 N 837), в котором утвержден «Перечень наименований услуг связи, вносимых в лицензии на осуществление деятельности в области оказания услуг связи» и «Перечни лицензионных условий осуществления деятельности в области оказания соответствующих услуг связи»

Услуги связи, которые могут быть реализованы на сетях СПР могут быть разделены на четыре категории:

- персонального радиовызова;
- подвижной радиосвязи в сети связи общего пользования;
- подвижной радиосвязи в выделенной сети связи;
- подвижной радиотелефонной связи в сети связи общего пользования.

Отметим сразу, что при реализации технологической сети СПР лицензию получать не надо.

Услуги персонального радиовызова

При оказании данной услуги деятельность лицензиата включает:

- возможности приема (передачи) сообщений на пользовательское (оконечное) оборудование независимо от местоположения в пределах территории, указанной в лицензии;
- одновременной передачи сообщений на пользовательское (оконечное) оборудование абонентов одной или нескольких групп абонентов лицензиата при наличии технической возможности.

Также лицензиат должен выполнять обязательства, которые он принял при участии в торгах (аукционе, конкурсе) на получение соответствующей лицензии (если они проводились) и выполнять условия, установленные при

выделении полос радиочастот и присвоении (назначении) радиочастоты или радиочастотного канала.

Услуги подвижной радиосвязи в сети связи общего пользования

При присоединении сети лицензиата к сети связи общего пользования деятельность лицензиата в области оказания услуг сухопутной подвижной радиосвязи включает:

- предоставление абонентам сети сухопутной подвижной радиосвязи лицензиата, независимо от их местоположения в пределах территории действия лицензии, соединения для приема/передачи голосовой, неголосовой информации, с обеспечением непрерывности связи при оказании услуги, в том числе при передвижении пользователя;

- предоставление соединения между абонентами сети лицензиата, находящимися в пределах территории действия настоящей лицензии, и пользователями сетей местной, внутризонавой, междугородной, международной связи, сухопутной подвижной радиосвязи через сети операторов сети связи общего пользования, имеющих лицензию на оказание соответствующих услуг в области связи;

- предоставление доступа абонентам сети связи лицензиата при наличии технической возможности, к услугам, оказываемым другими операторами связи сети связи общего пользования, сети связи и средства связи которых взаимодействуют с сетью связи лицензиата, за исключением операторов сетей местной, внутризонавой, междугородной и международной телефонной связи, сухопутной подвижной радиосвязи, сухопутной подвижной радиотелефонной связи;

- предоставление одновременного соединения для всех абонентов одной или нескольких групп абонентов лицензиата осуществляемых по одному каналу связи независимо от количества абонентов в группе в режиме полудуплексной радиосвязи и/или предоставлению одновременного соединения для всех абонентов одной или нескольких групп абонентов лицензиата при которых все соединения между абонентами сети лицензиата устанавливаются через диспетчера;

- предоставление доступа к системе информационно-справочного обслуживания;

- обеспечение возможности вызова экстренных оперативных служб (пожарной охраны, милиции, скорой медицинской помощи, аварийной газовой службы, других служб, перечень которых определен Правительством Российской Федерации) всеми абонентами сети связи лицензиата бесплатно.

Также необходимым является соблюдение правил присоединения сетей электросвязи и их взаимодействия, утвержденных Правительством Российской Федерации, при присоединении сети подвижной радиосвязи лицензиата к сети связи общего пользования, присоединении к сети подвижной радиосвязи лицензиата других сетей связи, осуществлении учета и

пропуска трафика в сети подвижной радиосвязи лицензиата, учета и пропуска трафика от (на) сетей связи других операторов.

Стоит обратить внимание, что наименование вида деятельности «подвижная радиосвязь» конкретизируется до «сухопутная подвижная радиосвязь» уже в тексте самой лицензии. Тем самым достигается разграничение с морской радиосвязью. В этом смысле использование термина «сухопутная» вполне оправданно, поскольку внутренние водоемы (озера, реки, водохранилища и т.п.) входят в состав территории Российской Федерации.

Предоставление абонентам сети возможности соединения должно предоставляться на всей территории действия лицензии. Это существенно с точки зрения определения пределов заявляемой территории, на которой планируется организовать оказание услуг, а также выполнения контроля лицензионной деятельности. Особенно критичным этот пункт является для операторов, действующих в субъектах, имеющих значительную площадь территории.

В рамках лицензии могут предоставляться услуги передачи не голосовой информации.

Сеть радиосвязи, используемая для оказания услуг данного типа должна иметь присоединение к сети связи общего пользования.

При наличии технической возможности, оператор подвижной радиосвязи может предоставить абонентам доступ к (не голосовым) услугам других операторов, что позволяет операторам, владеющим лицензией данного вида оказывать, например, услуги беспроводного доступа к сетям передачи данных и т.п.

Возможность осуществления одновременного группового соединения является обязательным требованием лицензии. Допускается реализация такой возможности в режиме полудуплексной радиосвязи и/или в режиме соединения между абонентами сети лицензиата через диспетчера.

Оператор подвижной радиосвязи обязан предоставить доступ к системе информационно-справочного обслуживания, а также обеспечить всем абонентам возможность бесплатного вызова экстренных оперативных служб.

Лицензией может быть предусмотрен перечень дополнительных услуг. В лицензии указывается максимальное количество абонентов.

Услуги подвижной радиосвязи в выделенной сети связи

Рассмотрим отличия данного вида деятельности от предыдущего.

В соответствии с ФЗ «О связи» выделенной сетью является сеть электросвязи, предназначенная для возмездного оказания услуг электросвязи ограниченному кругу пользователей. Выделенные сети связи могут взаимодействовать между собой. Выделенные сети связи не имеют присоединения к сети связи общего пользования, а также к сетям связи общего пользования иностранных государств.

По сути, выделенная сеть перестает быть таковой с момента присоединения ее к сети связи общего пользования.

Соответственно, лицензия на услуги данного вида не содержит лицензионных условий, касающихся присоединения. Более того, для оказания услуг в рамках действующей лицензии допускается присоединение только к сетям, не имеющих выхода на сеть связи общего пользования.

Из обязательных требований имеются требования:

- соединений на сети подвижной радиосвязи для приема (передачи) голосовой, а также неголосовой информации с обеспечением непрерывности связи при оказании услуги, в том числе при передвижении абонента;

- доступа к сети связи лицензиата;

- для одной или нескольких групп абонентов лицензиата одновременного соединения, осуществляемого в режиме полудуплексной радиосвязи по одному каналу связи независимо от количества абонентов в группе, и (или) одновременного соединения при участии диспетчера.

Лицензионные требования к используемому оборудованию упрощенные, использование оборудования, сертифицированного по системе сертификации «Связь» не является обязательным.

Услуги подвижной радиотелефонной связи в сети связи общего пользования

Именно этот вид деятельности предусматривает оказание, наряду с другими услугами, оказание услуг сотовой связи. Основные требования:

Если это так, то требование об обеспечении непрерывности связи при

- доступ к сети связи лицензиата;

- соединение по сети подвижной радиотелефонной связи лицензиата для приема (передачи) голосовой, а также неголосовой информации с обеспечением непрерывности связи при оказании услуги независимо от местоположения абонента, в том числе при его передвижении (это является серьезной проблемой в некоторых стандартах сотовой связи);

- соединение с абонентами и (или) пользователями сетей фиксированной телефонной связи сети связи общего пользования;

- возможность пользования услугами подвижной радиотелефонной связи при нахождении за пределами территории, указанной в лицензии (только для сетей подвижной радиотелефонной связи стандартов NMT-450, GSM-900/1800, IMT-MC-450) (т.е. обеспечение роуминга);

- доступа к телематическим услугам связи и услугам связи по передаче данных, за исключением услуг связи по передаче данных для целей передачи голосовой информации;

- доступа к системе информационно-справочного обслуживания;

- возможности бесплатного круглосуточного вызова экстренных оперативных служб.

Необходимым является соблюдение правил присоединения сетей электросвязи и их взаимодействия, утвержденных Правительством РФ, при

присоединении сети подвижной радиосвязи лицензиата к сети связи общего пользования, присоединении к сети подвижной радиосвязи лицензиата других сетей связи, осуществлении учета и пропуска трафика в сети подвижной радиосвязи лицензиата, учета и пропуска трафика от (на) сетей связи других операторов.

3.2 Основные этапы строительства и ввода в эксплуатацию систем связи

Общий порядок строительства и ввода в эксплуатацию объектов связи предполагает следующие основные этапы для различных видов СПР (табл. 3.1):

Таблица 3.1

№ п/п	Наименование этапа	Тип системы связи		
		Системы персонального радиовызова и конвенциональные	Системы профессиональной мобильной связи	Системы сотовой связи
1	Частотно-территориальное планирование	да	да	да
2	Поиск мест размещения установки РЭС	да	да	да
3	Получение частотного ресурса	да	да	да
4	Проектирование	Для СПРВ и радиальных систем подвижной радиосвязи с мощностью базовых станций до 10 Вт включительно допускается использовать типовые проекты или заводские инструкции) и утвержденные оператором (заказчиком) схему соединений и спецификацию сооружения связи, содержащие сведения о назначении, составе средств связи, условиях эксплуатации и технических характеристиках сооружения связи. Экспертиза проектов, обследование и проведение измерений не требуется	Требуется проектная документация и заключение государственной экспертизы проекта	Для БС и ретрансляторов допускается использовать типовые проекты или заводские инструкции) и утвержденные оператором (заказчиком) схему соединений и спецификацию сооружения связи, содержащие сведения о назначении, составе средств связи, условиях эксплуатации и технических характеристиках сооружения связи. Экспертиза проектов, обследование и проведение измерений не требуется
5	Получение СЭЗ на размещение и эксплуатацию РЭС	Не требуется получения СЭЗ на размещение, ввод в эксплуатацию и эксплуатацию одной стационарной радиостанции с эффективной излучаемой мощностью не более 10 Вт при условии размещения антенны вне здания		
6	Строительно-монтажные работы	да	да	да

7	Регистрация РЭС	да Кроме систем персонального радиовызова и радиостанций в полосах радиочастот 433,075 - 434,750 МГц (до 10 мВт) и 446 - 446,1 (до 0,5 Вт).	да	да Кроме БС GSM в полосах радиочастот 1710 - 1785 МГц и 1805 - 1880 МГц, устанавливаемые на борту морских и воздушных судов, абонентских устройств в сетях операторов связи, а также РЭС, подключаемых к СПР, имеющим в своем составе средства связи, выполняющие функции систем коммутации.
8	Пуско-наладочные работы	да	да	да
9	Ввод в эксплуатацию	да	да	да

Поиск мест размещения установки РЭС

Как правило, Заказчика выдает задание на поисковые работы. Исполнитель производит выезд в район поиска, объезд и ведение переговоров с владельцами возможных мест размещения о возможности и условиях размещения объекта, возможных обременениях и потенциальных финансовых затратах, условиях снабжения электроэнергией и т.д. По итогам поиска готовится отчет, который утверждается Заказчиком.

Отчет обычно содержит:

- Адрес и географические координаты позиции;
- Банковские реквизиты предполагаемого арендодателя (контрагента по договору о размещении оборудования) и данные по его руководителям и контактными лицам (Ф.И.О. и номера телефонов для связи);
- Описание размеров здания и его строительной конструкции или места размещения предполагаемого земельного участка для размещения антенной опоры;
- Описание предлагаемого помещения или места для строительства помещения;
- Краткое описание путей прокладки кабелей распределенной внутренней АФС;
- Описание существующего электроснабжения здания (участка) и предложения по электроснабжению позиции (включая данные по организации-продавцу электроэнергии);
- Требования арендодателя о порядке оплаты за потребляемую электроэнергию;
- Порядок организации круглосуточного доступа на позицию;
- Перечень необходимых строительных работ при создании позиции;

- Документ, подтверждающий согласие собственника/владельца здания на заключение договора аренды предлагаемой позиции (иного договора о размещении оборудования), содержащий условия аренды/размещения оборудования (срок, цена, иное);

- Иные разрешения и согласования, полученные по требованию арендодателя (контрагента по договору о размещении оборудования).

- Копии документов на здание или земельный участок, подтверждающие право арендодателя передавать объект в аренду/субаренду;

- Копия свидетельства на право собственности на объект аренды /субаренды;

- Копия Договора аренды (в случае оформления Договора субаренды);

- Согласованный ситуационный план под размещение оборудования базовой станции;

- Выписка из протокола заседания комиссии (уполномоченного государственного органа) о размещении оборудования базовой станции (при необходимости);

- Копии строительных ситуационных планов этажей, на которых расположены элементы позиции;

- Фотографии объекта;

- Фотографии места подключения к источнику электропитания;

- Фотографии возможного месторасположения оборудования;

После согласования отчета по поиску позиции Заказчиком, проводится работа по заключению договора аренды на помещение или земельный участок и получению разрешения на строительство.

Особенности этапа проектирования СПР

В большинстве случаев построение СПР требует относительно больших инвестиций и предполагает большие сроки ее эксплуатации, поэтому помимо чисто технических параметров немаловажны и возможности ее развития, модификации, адаптации к меняющейся организационно-управленческой ситуации, наличие альтернативных производителей отдельных компонентов системы. Все это надо учитывать в процессе проектирования, достаточно длительном и сложном, что обуславливается, кроме всего прочего, необходимостью сбора большого количества исходных данных и проведения согласований.

Проектирование СПР по своей сути сводится к выработке технико-экономических и конструкторско-технологических решений, в возможно большей степени приближающихся к оптимальным. Главные проблемы при этом заключаются в умении применить системный подход, комплексно оценить весь спектр и взаимосвязи факторов, влияющих на определение типа и технические характеристики сети, предусмотреть использование передовых технологий создания и эксплуатации системы, сделать правильный выбор исполнителей работ и т. д.

Необходимо подчеркнуть, что на начальном этапе создания СПР, определяющем качество проектирования, очень важно правильно сформулировать техническое задание (ТЗ) и исходные данные (ИД) с учетом реальных требований, финансовых возможностей, понимания технологических особенностей построения сети. Чем полнее и точнее ИД, тем вернее составляется ТЗ на проектирование, тем качественнее и точнее могут быть сделаны расчеты и конструкторские проработки, тем более обоснованными будут все инвестиции в создание СПР.

В соответствии с технологической схемой (ТС) создания сети подвижной связи, обобщенно отражающей наиболее рациональный путь решения этой задачи, исходными данными для проектирования СПР являются:

- материалы начального этапа определения назначения сети, функциональных требований к ней, технико-экономического анализа возможностей и условий для ее построения, включая обоснование и оценку необходимых инвестиций (в том числе капитальных затрат);

- материалы предварительных согласований в надзорных органах, а также с владельцами земель, сооружений и технических средств, использование которых необходимо или целесообразно;

- документы по присвоению частот, включая материалы оценки ЭМС;

- цифровые топографические карты местности;

- материалы разработки на этапе предпроектных работ технических предложений, включая:

- варианты территориального размещения, геометрии и структуры системы (все последующие операции выполняются для каждого из этих вариантов);

- определение частотно-территориальных планов, ориентировочный расчет энергетики зон обслуживания с учетом внешних помех и требований ЭМС;

- оценку трафика, расчет пропускной способности сети;

- предварительное определение основных ТХ;

- спецификацию радиотехнического оборудования и основных материалов;

- оценку основных параметров санитарно-защитных зон (СЗЗ) базовых станций системы;

- определение способов и аппаратурной реализации межзоновых связей и подсистемы управления сетью (при необходимости);

- способы и параметры стыковки СПР с телефонными сетями общего пользования (при необходимости) и др.

Технические предложения - это этап предварительных согласований, оценок, подготовки рекомендаций для рабочего проектирования и построения СПР. Их качественной разработке следует уделять большое внимание, так как именно здесь закладывается идеология системы, определяются возможности ее дальнейшего развития, вырабатывается компромисс между финансовыми возможностями и желаемыми требованиями к ней. В силу изложенного

технические предложения являются как бы фундаментом рабочего проекта (РП).

При проектировании любой системы радиосвязи определяющим фактором является оценка ее эффективности. Для сетей сухопутной подвижной радиосвязи понятие эффективности означает обеспечение радиообмена с заданным качеством между абонентами в требуемой пространственной зоне в течение достаточно большого процента времени от общей продолжительности связи. При этом понятие качества трактуется как предоставление канала связи с удовлетворительно низкой вероятностью отказа (или чрезмерного ожидания) и достаточной разборчивостью при аналоговой телефонии или достаточно малой вероятностью поэлементной ошибки при передаче цифровых сигналов. Данные многочисленных измерений показывают, что мощность полезного сигнала на входе приемника $P_{пр}$, минимально необходимая для обеспечения удовлетворительного качества приема (т. е. его реальная чувствительность P_p), должна в зависимости от вида связи на 10 - 20 дБ превышать мощность собственных и внешних шумов.

Собственные шумовые характеристики радиоприемников, как правило, известны, внешние помехи всегда можно измерить или оценить другим способом, следовательно, предметом для оценок эффективности является определение территориальной зоны вокруг каждой БС, в пределах которой в заданном проценте времени будут выполняться условия: $P_{пр} > P_p$, а вероятность отказа в предоставлении канала не будет превышать установленного порога. Удовлетворение требований по высокой надежности связи, т. е. по обеспечению необходимого ее качества в течение большого процента времени от достаточно продолжительного времени контроля этого качества, зависит в основном от характера внешних помех - случайного по своей сути процесса. Как правило, числовые оценки статистических характеристик таких помех или известны, или могут быть определены экспериментально и, следовательно, учитываться при проектных расчетах путем создания «запаса» по отношению сигнал/помеха или другим способом. Эти соображения являются отправными для выполнения работ по определению основных ТХ проектируемой системы.

Оценки зон радиодоступа с учетом различных факторов электродинамики могут выполняться на основе строгой теории поля или приближенных математических выражений, большого количества феноменологических моделей и эмпирических формул, в той или иной мере адекватных конкретным ожидаемым условиям функционирования проектируемых сетей. Выбор осуществляет проектировщик на основании ИД и ТЗ, поэтому заказчик должен отчетливо понимать соотношение своих требований и возможностей по предоставлению соответствующих и очень разных исходных данных (особенно это касается картографических сведений).

Задача любой сети подвижной связи состоит в том, чтобы выполнить требования абонентов (заявки) на предоставление услуг, которые поступают в случайные моменты времени. В зависимости от числа каналов и алгоритма функционирования СПР обладают определенной пропускной способностью,

т. е. способностью обслужить за единицу времени то или иное количество заявок с заданными характеристиками радиообмена.

Пропускная способность может быть адекватна трафику в сети, т. е. реальному потоку заявок с определенными временными параметрами и статистическими свойствами, а может и не соответствовать ему. Практически любая СПР, кроме конвенциональных, функционирует по принципам транкинга, под которым понимается динамическое распределение ограниченного количества каналов связи среди большого числа пользователей. При этом каждый из них может получить доступ к любому свободному каналу, причем управление доступом осуществляет транкинговая система, а не пользователь. Использование такой технологии позволяет на ограниченном частотном ресурсе обслужить существенно большее число абонентов, чем в системах без статистического уплотнения каналов.

СПР делятся на системы с отказами и с ожиданием. В сетях с отказами заявка, пришедшая в момент, когда все каналы заняты, получает отказ. В системе с ожиданием такая заявка не отбрасывается, а ставится в очередь - абонент ждет, пока не освободится какой-нибудь канал. Основными показателями качества работы системы с отказами по критерию пропускной способности являются вероятность отказа (блокировки), системы с ожиданием - вероятность того, что канал не будет предоставлен в течение заданного времени.

Мера пропускной способности СПР - это объем реализованной нагрузки за некоторый период времени, т. е. сумма всех длительностей занятия каналов в течение указанного периода времени. Чаще используется понятие интенсивности нагрузки, которая получается делением объема нагрузки на длину интервала времени, в течение которого этот объем измеряется. Таким образом, интенсивность нагрузки - это средняя активность радиосвязи за единицу времени, единицей измерения которой является один эрланг - 1 Эрл. Заметим, что максимальная пропускная способность одного канала равна одному эрлангу, что соответствует случаю, когда канал всегда занят. Следовательно, максимальная пропускная способность группы обслуживающих каналов, выраженная в эрлангах, просто равна их количеству.

При увеличении нагрузки на сеть возрастает и вероятность отказа, при росте этой вероятности до 0,3 система становится практически непригодной к использованию. Таким образом, допущенные на стадии проектирования ошибки в оценке статистических характеристик системы грозят обернуться серьезными коммерческими потерями.

Расчеты статистических характеристик могут быть выполнены путем аналитических оценок на базе тех или иных моделей трафика или методом статистического моделирования. К настоящему времени известно и широко применяется достаточно много алгоритмов таких расчетов, основанных на аналитических формулах, более или менее приспособленных для оперативных инженерных оценок. Все они имеют ряд ограничений, получены для определенных моделей трафика и систем обслуживания и не могут

претендовать на полное соответствие реальным ситуациям. В них не учитывается, например, что в действующих системах длительность переходных коммутационных процессов иногда оказывает заметное влияние на качество обслуживания; в некоторых сетях обязательно назначение приоритетов различным классам пользователей; в многозоновых системах требуется учитывать возможность перемещения абонентов между зонами; не всегда отсутствует взаимосвязь между вызовами.

Практика эксплуатации СПР показывает, что статистические характеристики трафика, как случайного потока сообщений, имеют регулярный временной тренд: периоды низкой интенсивности нагрузки в сети сменяются интервалами высокой интенсивности, тогда как между ними всегда есть достаточно продолжительные временные промежутки, когда она меняется в этих пределах. Дисперсия трафика в указанных интервалах также весьма не постоянна. А это значит, что требования к ТХ и пропускной способности системы, рассчитанные, например, по формулам Эрланга на трафик в час наибольшей нагрузки (ЧНН), будут не полностью и не всегда адекватны динамике реальной нагрузки.

Наиболее универсальным методом анализа статистических характеристик и пропускной способности СПС является метод статистического моделирования. В его основе лежит имитация процессов обслуживания, при которой моменты поступления вызовов и их длительности, т. е. характер входящего потока требований и времени обслуживания, подчиняются вероятностным законам распределения. Это позволяет с большим приближением к адекватности отражать процессы, протекающие в реальных сетях.

Элементы частотно-территориального планирования СПР

Значительный рост числа РЭС делает чрезвычайно важной задачу оптимального частотно-территориального планирования (ЧТП), которая предусматривает выбор структуры сети, мест установки базовых станций, выбор типа, высоты и ориентации антенн, а также распределение частот между базовыми станциями.

Определяющим при проектировании сети подвижной радиосвязи является планирование радиосети, которое представляет собой итеративный процесс с выполнением следующих шагов:

1. Синтез структуры сети, предполагающий поиск наиболее оптимального варианта, позволяющего при минимальном количестве используемых ресурсов (прежде всего аппаратурных и частотных) учесть все исходные требования, которые ставятся при планировании радиосети.

2. Прогнозирование напряженности поля, создаваемого каждой базовой станцией.

3. Определение зоны покрытия и выявление теневых зон для каждой ячейки и сети в целом.

4. Распределение частот по отдельным ячейкам.

5. Анализ работы сети с учетом взаимных помех.

При частотно-территориальном планировании выбирается структура сети, места размещения БС, определяется возможность обеспечения покрытия требуемой зоны обслуживания с заданным качеством связи, разрабатывается частотный план распределения радиоканалов для БС, выполняется адаптация планов к условиям территориальных и частотных ограничений проектируемой зоны обслуживания, проверяются обеспечение внешней ЭМС планируемой системы с РЭС других систем и возможность обеспечения требуемой емкости сети для обслуживания абонентской нагрузки с заданной вероятностью блокирования вызовов.

Блок-схема алгоритма ЧТП применительно к сетям сотовой связи приведена на рисунке 3.1.

Исходные данные для планирования содержат общие характеристики сети связи: число и частоты разрешенных радиоканалов, план сети с указанием желательных пунктов размещения БС, отвечающих требованиям по наличию линий связи с АТС общего пользования, электропитанию, возможности размещения оборудования, антенн и др.

В качестве технических основ для планирования используются характеристики предполагаемых для использования стандартов, приемопередающего оборудования и антенн, условия распространения радиоволн, необходимая напряженность поля полезного сигнала, нагрузка на одного абонента и т. д. (табл. 3.2).

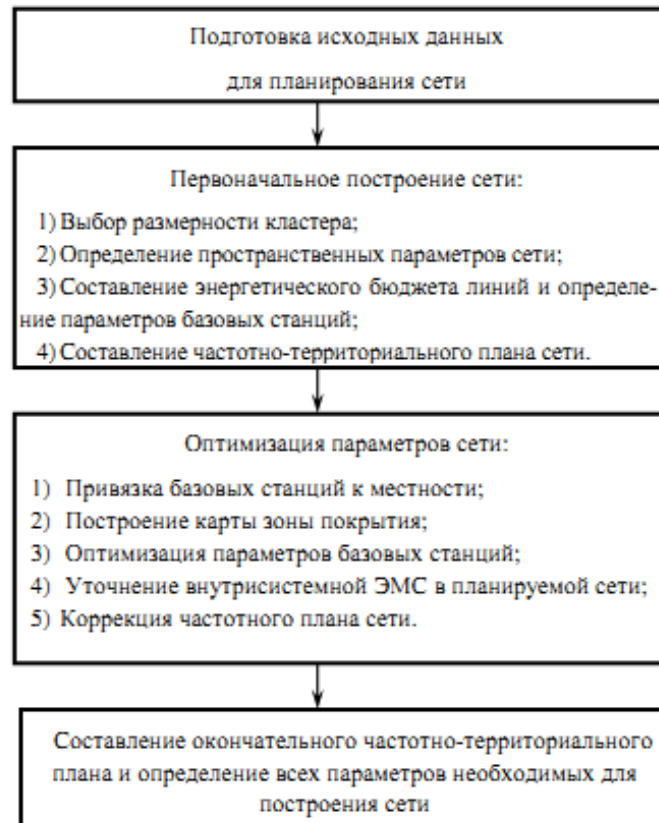


Рисунок 3.1 – Алгоритм планирования сети подвижной связи

Таблица 3.2

Параметры, учитываемые при планировании сетей подвижной связи

Тип информации	Параметры
Планируемая территория	Площадь зоны покрытия, численность населения для выбранного района/города/области; Тип местности: городская, пригородная, сельская;
Параметры нагрузки	Нагрузка на одного абонента; Плотность абонентов на планируемой территории; Требования к росту нагрузки; Начальная емкость сети;
Оборудование	Краткий перечень технических параметров, используемых при планировании; Стоимость оборудования; Антенно-мачтовые сооружения;
Другие критерии сетевого проекта	Битовая вероятность ошибки; Процент уменьшения зоны покрытия ячейки из-за помех;
Вопросы регламентации	Наличие частотного ресурса и возможные ограничения при получении лицензии на использование радиочастотного ресурса; Возможные ограничения, связанные с размещением и размерами антенно-мачтовых сооружений;
Параметры связанные с распространением радиоволн	Варианты моделей распространения радиоволн; Запас на временные замирания; Запас на затенение.

Выбор кластера

Чтобы разделить территорию на соты оптимально, то есть без перекрытия или пропусков участков, могут быть использованы различные геометрические фигуры, наиболее близко аппроксимирующие окружность. Примерами таких фигур являются треугольник, квадрат и шестиугольник. Наиболее подходящей фигурой является шестиугольник. Это объясняется тем, что при использовании ненаправленной антенны, расположенной в центре ячейки зона покрытия будет представлять собой окружность, площадь которого наиболее близка к площади шестиугольника. При ЧТП сетей сотовой связи используется понятие кластера. Кластером называется совокупность ближайших ячеек, в которых используются различные частотные каналы. Размерностью кластера называется количество ячеек, входящих в его состав. Размерность кластера определяется исходя из следующего соотношения:

$$K = i^2 + ij + j^2,$$

где i, j - целые числа.

Расстояние между ячейками, использующими одни и те же группы частот, зависит от частотного диапазона, допустимого уровня помех и количества базовых станций, расположенных вокруг данной ячейки. Использование ячеек, в которых базовые станции имеют ненаправленные антенны, приводит к тому, что сигнал от базовых станций имеет одинаковую мощность во всех направлениях. В этом случае помеха в абонентский терминал будет приходить от шести базовых станций (рис. 3.2) [6].

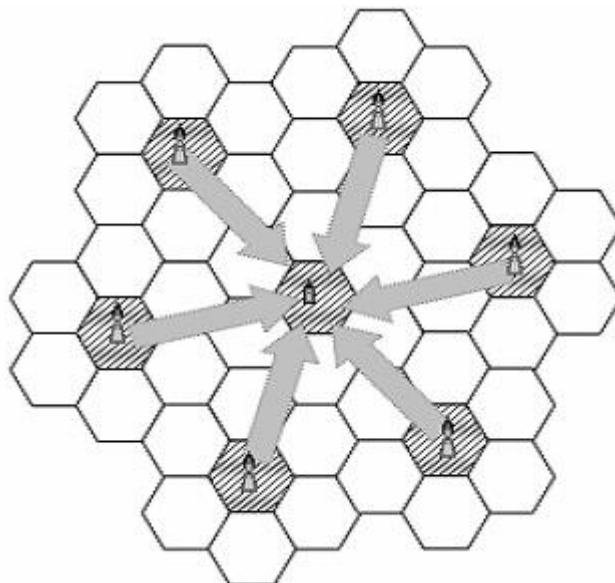


Рисунок 3.2 – Помехи по основному каналу приема

Снижение уровня помех достигается за счет использования направленных антенн. Так, в кластерах, использующих трех и шестисекторные антенны, на входе абонентского терминала приходят две и одна помеха соответственно. Типы кластеров и соответствующее распределение групп частот в них определяют модели повторного использования частот. Если число секторов в ячейке $M=1$ – антенна ненаправленная и ширина диаграммы направленности

(ДН) по уровню половинной мощности составляет $2\theta_{0,5} = 360^\circ$; при $M=3$ – ячейка состоит из трех секторов, а ширина ДН антенн в каждом секторе $2\theta_{0,5} = 120^\circ$; если $M=6$ – имеется шесть секторов, при этом ширина ДН каждой антенны $2\theta_{0,5} = 60^\circ$.

Главным критерием при выборе размерности кластера является выполнение требований по допустимому отношению сигнал/помеха (С/П) в точке приема в основном канале. Для выбора кластера необходимо также задать требования к вероятности события, когда отношение сигнал/помеха в точке приема окажется ниже порогового. Эта величина характеризует устойчивость связи при перемещении подвижного абонента в зоне обслуживания сети. Обычно эту вероятность задают на уровне 0,1-0,15. Показатель, связывающий значение радиуса ячейки R и расстояние D между ячейками с повторяющимися частотами, называется относительным расстоянием повторного использования частотных каналов и определяется по формуле

$$q = D/R = \sqrt{3K}.$$

Вероятность невыполнения требований по отношению сигнал/помеха в точке приема зависит от размерности кластера и определяется по формуле

$$\rho(K) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{\infty} \exp(-x^2/2) dx \right] \cdot 100\%,$$

где

$$x_1 = \frac{10 \lg\left(\frac{1}{\beta_e}\right) - C/I}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma_e^2}};$$

σ – отклонение величины уровня сигнала в точке приема, дБ;

β_e – относительный уровень суммарной помехи от всех источников помехи по основному каналу приема:

$$\beta_e = \left(\sum_{i=1}^j \beta_i \right) \exp \left[\frac{\gamma^2 (\sigma^2 - \sigma_e^2)}{2} \right];$$

σ_e – отклонение величины уровня суммарной помехи от всех источников помехи по основному каналу приема

γ – параметр логарифмически нормального распределения

$$\gamma = 0,1 \ln(10) = 0,23.$$

Значения j и β_i зависят от направленности антенны БС. На основе экспериментальных данных установлено, что в большинстве случаев затухание сигнала в системах подвижной связи обратно пропорционально d^4 , где d – расстояние от источника помехи.

Возможны три случая:

1. Если ячейка состоит из одного сектора, то $2\theta_{0,5} = 360^\circ$ и $M = 1$.

В этом случае:

$$j = 6; \beta_1 = \beta_2 = (q - 1)^{-4};$$

$$\beta_3 = \beta_4 = (q - 1)^{-4}; \beta_5 = \beta_6 = (q + 1)^{-4}.$$

2. Для трехсекторных ячеек $2\theta_{0,5} = 120^\circ$ и $M = 3$. В этом случае:

$$j = 2; \beta_1 = (q + 0,7)^{-4}; \beta_2 = q^{-4}$$

3. Для шестисекторных ячеек $2\theta_{0,5} = 60^\circ$ и $M = 6$. В этом случае:

$$j = 1; \beta_1 = (q + 1)^{-4}.$$

Определение пространственных параметров сети

Под пространственными параметрами сети необходимо понимать:

- число абонентов, обслуживаемых одной БС;
- число базовых станций в проектируемой сети;
- радиус ячейки.

Пространственные параметры сети для выбранного типа кластера и фиксированном числе каналов связи, приходящихся на ячейку, зависят от допустимой телефонной нагрузкой при заданной вероятности отказа в обслуживании (блокирования вызова). Эта величина рассчитывается по формуле Эрланга. Определение пространственных параметров сети начинается с расчета общего числа частотных каналов n_k , выделяемых для развертывания сети на выбранной территории:

$$n_k = M K n_c,$$

где M – число секторов в ячейке;

K – размерность кластера;

n_c – количество радиоканалов на 1 сектор.

Минимальная полоса частот, необходимая для развертывания сети составляет:

$$\Delta F = n_k f_k,$$

где f_k – полоса частот, занимаемая одним частотным каналом.

Общее число разговорных каналов в одном секторе равно:

$$N_s = n_a n_c,$$

где n_a – число разговорных каналов, приходящихся на одну несущую.

Общее число каналов для каждого сектора или зоны обслуживания включает, помимо каналов связи, каналы управления и сигнализации.

Рекомендации по соотношению каналов связи и каналов управления и сигнализации в стандарте GSM приведены в табл. 3.3. [6]

Таблица 3.3

Соотношение каналов связи, каналов управления и сигнализации в стандарте GSM

Число каналов:		
связи N_n	управления и сигнализации $N_{упр}$	Всего каналов на один сек- тор, N_s
1–7	1	8
8–15	1	16
16–22	2	24
23–30	2	32
31–37	3	40

Для определения телефонной нагрузки в одном секторе одной ячейки используется одно из следующих выражений:

$$A = N_n \left[1 - \sqrt{1 - (P_B \sqrt{N_n \pi / 2})^{1/N_n}} \right], \text{ при } P_B \leq \sqrt{\frac{2}{N_n \pi}},$$

$$A = N_n + \sqrt{\frac{\pi}{2} + 2N_n \ln(P_B \sqrt{N_n \pi / 2})} - \sqrt{\frac{\pi}{2}}, \text{ при } P_B > \sqrt{\frac{2}{N_n \pi}}.$$

Количество абонентов, которые могут обслуживаться в одной ячейке

$$N_{аб} = \frac{A}{\beta} M,$$

где β – телефонная активность одного абонента в час наибольшей нагрузки (ЧНН). Рассчитанное значение числа абонентов необходимо округлять в большую сторону.

Общее количество базовых станций

$$N_{БС} = \frac{N_a}{N_{аб}}$$

где N_a – предполагаемое общее число абонентов в проектируемой сети.

Исходя из того, что фигурой обозначающей ячейку, обычно выбирают шестиугольник, радиус зоны покрытия одной базовой станции определяется из соотношения:

$$R_c = \sqrt{\frac{2}{3\sqrt{3}} \frac{S_t}{N_{БС}}},$$

где S_t – площадь территории, на которой проектируется сеть.

Составление энергетического бюджета линий и определение параметров базовых станций

При определении параметров базовых станций сети (мощности передатчиков и высот антенн) необходимо использовать технические данные

радиооборудования сети, в частности, чувствительности приемников мобильных станций, высоты их антенн, и коэффициенты усиления антенных устройств базовых станций и сведения о рельефе местности. На этом этапе используется методика прогноза зон покрытия на основе выбранной модели определения напряженности поля сигнала в точке приема.

Определение мощности передатчиков базовых станций производится при условии, что высоты подвеса антенн базовых и мобильных станций заданы. Иногда необходимо решить обратную задачу: определить высоту подвеса антенн при заданной мощности передатчиков базовых станций. Составление бюджета линии вверх и вниз проводится на основе энергетического расчета радиолиний.

Суммарные потери радиосигнала при распространении радиоволн от БС к АС или от АС к БС, определяются как

$$L_{БС-АС}(f, h_{БС}, h_{АС}, R_{БС-АС}, трасса) = P_{изл-БС} - P_{min-АС} - Z_{БС-АС},$$

$$L_{АС-БС}(f, h_{АС}, h_{БС}, R_{АС-БС}, трасса) = P_{изл-АС} - P_{min-БС} - Z_{АС-БС},$$

где $h_{БС}$ и $h_{АС}$ – высота подвеса антенн БС и АС над уровнем земли, соответственно;

$R_{АС-БС}$ и $R_{БС-АС}$ – длина радиолинии АС-БС и БС-АС, соответственно;

$трасса$ – определяет район планирования сети (город, пригород, село);

$P_{изл-БС}$ и $P_{изл-АС}$ – ЭИИМ БС и АС, соответственно;

$P_{min-АС}$ и $P_{min-БС}$ – необходимая мощность полезного сигнала для вероятности 50% мест АС та БС, соответственно;

$Z_{АС-БС}$ и $Z_{БС-АС}$ – запас по потерям в радиолинии для соединения вниз и вверх.

ЭИИМ определяется выражением:

$$P_{изл} = P + G_{и} + F(\phi, \Delta) + \eta_{ф} + \eta_{дф} + \eta_{дип},$$

где P – мощность на выходе передатчика, дБ;

$G_{и}$ – коэффициент усиления (КУ) передающей антенны относительно изотропной антенны, дБи. Разница между КУ относительно изотропной антенны и КУ относительно дипольной антенны составляет 2,15 дБ, то есть $G_{и} = G_{д} - 15,2$;

$\eta_{ф}$ – потери в фидере передающей антенны, дБ;

$\eta_{дф}$ – потери в дуплексном фильтре, дБ;

$\eta_{дип}$ – потери в диплексоре, дБ;

$F(\phi, \Delta)$ – коэффициент, учитывающий снижение излучаемой мощности, дБ, обусловленное диаграммой направленности. В главном направлении этот коэффициент равен нулю.

Необходимая мощность полезного сигнала для обеспечения приема, в случае 50% местоположений равна:

$$P_{min} = P_{сenc} - G_{и} + \eta_{ф} + \eta_{дип}$$

где P_{senc} – чувствительность приемника, равная
 где f_k – ширина полосы частот, занимаемая одним частотным каналом,
 МГц,

C/N – отношение мощности несущей к мощности шума, требуемое на входе демодулятора. Данное значение зависит от типа используемой модуляции, а также применяемых помехоустойчивых корректирующих кодов.

NF – коэффициент шума приемника, дБ.

Выражения в левой части формул L_{AC-BC} и L_{BC-AC} представляют суммарные потери при распространении радиоволны от БС к АС и от АС к БС. Для сетей сотовой связи работающих ниже 3000 МГц, рекомендуется использовать модели, которые основаны на обобщенных результатах экспериментов: модель Окумура–Хата, модель Cost 231–Хата, модель Рекомендации ITU–R P.1546.

Расчет запаса Z_{AC-BC} и Z_{BC-AC} определяется следующими дополнительными потерями при распространении радиоволн:

- потери, связанные с проникновением волны в здание L_b ;
- потери в теле абонента W_a , принимаемые 3 дБ;
- поправка, связанная с требуемым процентом покрытия местоположений

C_l .

Таким образом:

$$Z = L_b + W_a + C_l$$

Пример энергетического бюджета для линии вверх и линии вниз сети сотовой связи, работающей в стандарте GSM–900 представлен в табл. 3.4.

Составление частотно–территориального плана сети

После нахождения основных параметров ЧТП известна размерность кластера и возможная секторизация ячеек в проектируемой сети. Зная число частотных каналов приходящихся на каждую базовую станцию, формируются группы частот, приходящие на каждую базовую станцию. При распределении имеющегося частотного ресурса должны быть сведены к минимуму помехи между ячейками, в которых применяются соседние частотные каналы, а также интермодуляционные помехи между частотными каналами, задействованными в одном секторе ячейки.

Распределение частотного ресурса по группам, базовым станциям и их секторам производится с учетом следующих ограничений:

– минимального частотного разноса радиоканалов в составе одной стойки базовой станции, определяемого требованиями использования наиболее простых устройств сложения мощности канальных передатчиков для работы на общую передающую антенну, Δf_{BCmin} ;

– минимального частотного разноса радиоканалов смежных секторов, в том числе одной базовой станции, Δf_{Cmin} ;

Пример энергетического бюджета для GSM-900

Параметр	Линия вниз БС-АС	Линия вверх АС-БС
Частота несущей сигнала, f_n , МГц	935	890
Мощность передатчика, P , Вт	30,00	1,00
Мощность передатчика, P , дБм	44,77	30,00
Потери в фидере антенны, $\eta_{\text{ф}}$, дБ	1,00	0,00
Потери в дуплексном фильтре, $\eta_{\text{ДФ}}$, дБ	3,00	0,00
Потери в дуплексоре, $\eta_{\text{ДИП}}$, дБ	3,50	0,00
КУ антенны, $G_{\text{И}}$, дБи	16,50	0,00
ЭИИМ, $P_{\text{изл}}$, дБм	53,77	30,00
Чувствительность приемника, $P_{\text{зепс}}$, дБм	-102,00	-105,00
Потери в фидере антенны, $\eta_{\text{ф}}$, дБ	0,00	1,00
Потери в дуплексоре, $\eta_{\text{ДИП}}$, дБ	0,00	3,50
КУ антенны приемника, $G_{\text{И}}$, дБ	0,00	16,50
Необходимая мощность сигнала в месте приема, $P_{\text{мин}}$, дБм	-102,00	-117,00
Потери при проникновении в здание, $L_{\text{в}}$, дБ	7,00	7,00
Потери в теле абонента, $W_{\text{а}}$, дБ	3,00	3,00
Поправка, связанная с требуемым процентом покрытия местоположений (75% мест), C_{I} , дБ	2,72	2,72
Запас в радиолинии, Z , дБ	12,72	12,72
Суммарные потери радиосигнала, L , дБ	143,05	134,28
Максимальная дальность связи с вероятностью 75% на границе зоны покрытия, R_{max75} , км (для $h_{\text{БС}} = 40$ м и $h_{\text{АС}} = 1,5$ м, модель Хата)	3,42	1,97

Значения параметров частотных ограничений определяются используемым стандартом и представлены в виде таблицы 3.5 для стандарта GSM.

Построение зон покрытия для сетей сотовой связи

Зоной покрытия называется территория, на которой значение напряженности поля от полезной станции $E_{\text{пол}}$ превышает минимально необходимую для приема сигнала напряженность поля $E_{\text{мин}}$

$$E_{\text{пол}} \geq E_{\text{мин}}.$$

Минимально необходимая напряженность поля в месте приема зависит от необходимой мощности полезного сигнала на входе приемника:

$$E_{\text{мин}} = 77,2 + 20 \lg(f_f) + P_{\text{мин}} + Z,$$

где f_n – частота несущей, МГц.

Таблица 3.5

Частотные ограничения для составления частотно–территориального плана сети

Шаг сетки частот, кГц	Общая стойка БС		Смежные сектора	
	$\Delta f_{\text{БС min}}$, кГц	$\Delta N_{\text{БС min}}$	$\Delta f_{\text{С min}}$, кГц	$\Delta N_{\text{С min}}$
GSM 900/1800				
200	800	4	400	2
$\Delta N_{\text{БС min}}$ – минимальный частотный разнос радиоканалов в составе одной стойки БС; $\Delta N_{\text{С min}}$ – минимальный частотный разнос радиоканалов смежных секторов, в том числе одной БС.				

При прогнозировании напряженности поля в соответствии с Рекомендацией ИТУ–R P.1546 считается, что высота приемной антенны составляет 10 м. Если высота подвеса антенны не равна 10 м, должна использоваться поправка, которая зависит от окружения приемной антенны [3]. Для абонентской станции, расположенной на высоте 1,5 м поправка составляет -25,3 дБ. Для базовой станции, расположенной на высоте 40 м поправка составляет +6,5 дБ.

Напряженность поля, создаваемая полезной станцией на расстоянии R от передатчика, определяется по формуле:

$$E_{\text{пол}} = P_{\text{изл}} + E(50;50) + F(\theta_{\text{тса}}) - 60 - 2,15,$$

где $E_{\text{пол}}$ – полезная напряженность поля в дБмкВ/м на расстоянии R от передатчика;

$P_{\text{изл}}$ – ЭИИМ базовой станции в дБм;

$E(50;50)$ – медианное значение полезной напряженности поля в дБмкВ/м для 50% мест и 50% времени, определенное по кривым распространения для соответствующего частотного диапазона и эффективной высоты передающей антенны h_1 , на расстоянии R от передатчика,.

$F(\theta_{\text{тса}})$ - поправка по углу просвета местности, учитывающая возможное затенение приемной антенны рельефом местности или зданиями, дБ.

Эффективная высота передающей антенны h_1 определяется как ее высота в метрах над средним уровнем от поверхности земли на расстояниях между 3 и 15 км от передающей антенны в направлении приемной антенны (рис. 3.3)

$$h_1 = \begin{cases} h_1^* - \Delta H_{\text{ср}}, & \text{если } h_1 \geq 10 \text{ м} \\ 10 \text{ м}, & \text{если } h_1 \leq 10 \text{ м} \end{cases}$$

где

h_1^* – высота подвеса антенны передатчика над уровнем моря.

Средняя высота местности $\Delta H_{\text{ср}}$ определяется по следующей формуле:

$$\Delta H_{cp} = \frac{\sum_{i=0}^{48} h_i}{49},$$

где h_i – высота места на расстоянии $(3000 + 250i)$ м от передатчика. Если расстояние меньше 15 км, учитывается только фактическое расстояние до приемника.

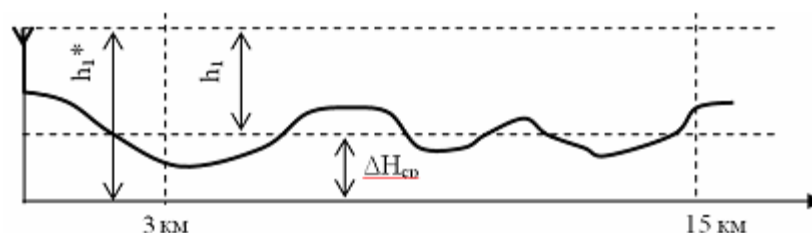


Рисунок 3.3 – К определению средней высоты места

Угол просвета местности, θ_{tca} , который задается как

$$\theta_{tca} = \theta,$$

где θ – опорный угол, который измеряется относительно линии, исходящей из приемной антенны, которая проходит непосредственно над всеми препятствиями на местности в направлении передающей антенны на расстоянии до 16 км, но не выходящим за пределы местоположения передающей антенны (рис. 3.4).

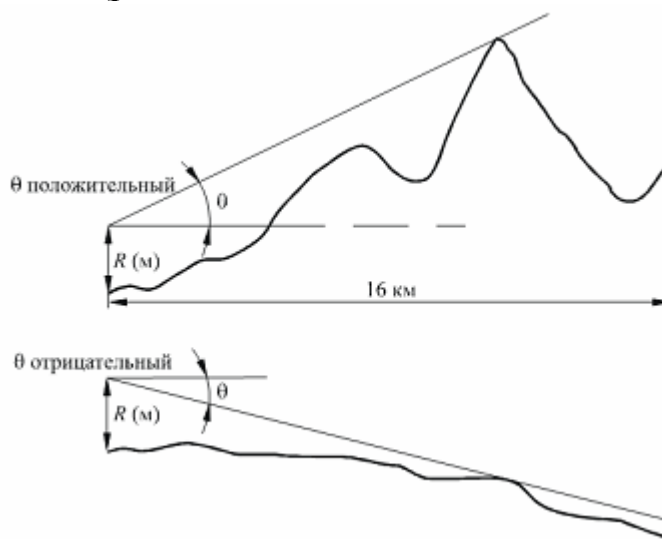


Рисунок 2.5 – Определение угла просвета местности

Получение санитарно-эпидемиологических заключений

Действующий в настоящее время СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи» устанавливает санитарно-

эпидемиологические требования к размещению и эксплуатации средств подвижной радиосвязи диапазона частот 27 - 2400 МГц, включая абонентские терминалы спутниковой связи. Требования Санитарных правил направлены на предотвращение неблагоприятного влияния на здоровье человека электромагнитных полей, создаваемых базовыми и подвижными станциями сухопутной подвижной радиосвязи. Основные этапы получения СЭЗ на размещение и эксплуатацию РЭС представлены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

№ п/п	Этапы получения СЭЗ	Кол-во дней
1	Расчеты санитарно-защитных зон (СЗЗ), зон ограничения застройки (ЗОЗ) от базовой станции системы мобильной связи	10
2	Выполнение ситуационных планов в масштабе 1:500 с указанием мест установки антенн, прилегающей территории, зданий с отметкой их этажности, а также границ СЗЗ (на основании расчетов СЗЗ и ЗОЗ)	40
3	Подготовка документов и производство санитарно-эпидемиологической экспертизы для базовых станций системы мобильной связи	
4	Получение санитарно-эпидемиологических заключений на размещение (форма Р1) базовых станций системы мобильной связи	
5	Производство инструментальных замеров плотности потока энергии от базовых станций системы мобильной связи и оформление протоколов	10
6	Выполнение ситуационных планов в масштабе 1:500 с указанием мест установки антенн, прилегающей территории, зданий с отметкой их этажности, а также границ СЗЗ (на основании инструментальных замеров плотности потока энергии от базовых станций системы мобильной связи)	40
7	Подготовка документов и производство санитарно-эпидемиологической экспертизы на основании инструментальных замеров плотности потока энергии	
8	Получение санитарно-эпидемиологических заключений на эксплуатацию (форма Р2) базовых станций системы мобильной связи в органах Роспотребнадзора	

Разработка конструкторско-технологических решений

Этап конструкторско-технологической проработки весомо влияет на стоимостные и качественные показатели СПР. Необходимо учесть множество факторов и проверить проектируемую систему на соответствие большому количеству нормативных документов.

В условиях постоянных изменений нормативной базы отследить их все и создать современный как по содержанию, так и по форме проект достаточно сложно. Требования к конструкторской документации в проектах зависят от масштабов системы, ее значимости и роли в единой сети связи России. В любом случае соответствующий раздел проекта должен содержать

структурную схему сети, полный комплект рабочей документации на каждую БС, схемы соединений, электро- и радиокоммуникаций и т. д.

По результатам расчетов производится итеративный выбор из имеющихся вариантов конфигурации системы, расположения площадок установки антенн, площадок (помещений) установки оборудования, предварительный подбор аппаратуры и прочих технологических конструкций, конкретных мест установки антенн и оборудования на площадках, источников электропитания с необходимыми характеристиками и т. д.

Состав оборудования БС определяется в комплексе по признакам соответствия системы требованиям заказчика с оптимальным соотношением цена/качество и по множеству других критериев. На выбор конкретных производителей и типов РЭС влияют в основном соображения надежности, необходимости круглосуточной работы, требуемой частоты регламентного обслуживания, резервирования аппаратуры и прочие эксплуатационные показатели.

Ввиду того, что радиотехнические параметры абонентской аппаратуры различных производителей близки (диапазоны частот, мощности передатчиков, чувствительности приемников), решение о выборе принимается в зависимости от комплекса требований заказчика к длительности работы радиостанций без перезарядки аккумуляторных батарей, механической прочности, времени наработки на отказ, функциональных и эргономических показателей, возможности работы в агрессивных средах и т. д.

В случае необходимости, следует предусматривать и учитывать включение в состав технических средств дополнительного оборудования передачи данных и межзоновой связи. Это могут быть устройства сжатия, аппаратура радиорелейных линий, интерфейсы выделенных или коммутируемых каналов связи и т. д.

Выбор оборудования производится в два этапа. На первом - выбирают коммутационное оборудование, обеспечивающее реализацию заданных протоколов связи, такое как контроллеры, кодировщики, согласующие устройства и т. д. Оборудование, параметры которого зависят от частот и определяют выполнение требований по мощности излучения и чувствительности приема, на первом этапе выбирается предварительно. Лишь после трассировки радиочастотного кабеля и уточнения потерь в нем можно окончательно остановиться на конкретных типах ретрансляторов, усилителей мощности, блоков питания и т. п. Антенны, как правило, выбираются на первом этапе и обычно в последующей замене не нуждаются. При этом, кроме очевидных требований по диаграмме направленности, необходимо обращать внимание на наличие и эффективность антикоррозионных покрытий, механическую прочность и величину ухода параметров антенны в результате изменений температуры окружающей среды.

Подготовка помещений и площадок, определение планов и способов монтажа. Как правило, при установке оборудования и антенных систем в помещениях и на площадках, которые не были на это рассчитаны (например,

на крышах жилых зданий, в квартирах верхних этажей и чердачных помещениях жилых зданий, на заводских трубах), необходима их предварительная подготовка в соответствии с установленными требованиями к строительно-монтажным работам, производственным помещениям по санитарной гигиене, охране труда и технике безопасности. Следует правильно выбрать материал стеновых и напольных покрытий, обеспечить рекомендуемую освещенность, а где необходимо - вентиляцию и отопление, принять меры для соблюдения допустимых уровней электромагнитного излучения и предельно допустимых концентраций выбросов вредных веществ от оборудования (например, при использовании аккумуляторных батарей или дизель-генераторов в качестве источников резервного питания). Следует обеспечить защитное заземление оборудования, молниезащиту мачт, антенн, входных и выходных цепей оборудования, предусмотреть средства пожаротушения, планирование маршрутов эвакуации при пожаре, разработку систем пожарной и охранной сигнализации.

Конструкторская компоновка оборудования в зависимости от места размещения БС может быть очень разной: от настольных блоков или напольных стоек для монтажа в помещении до специальных термостатических шкафов и контейнеров для монтажа непосредственно на вышках, трубах и мачтах. Аппаратурные стойки должны обеспечивать выполнение требований по рабочей температуре, влажности воздуха, внутренней электромагнитной совместимости. Размещение блоков должно минимизировать длины шин заземления и соединяющих блоки радиочастотных кабелей, исключить наводки по цепям питания и импульсные помехи в неэкранированных линиях передачи цифровых сигналов.

Особой конструкторской проработке подлежат высокочастотные цепи - полосовые, режекторные, дуплексные фильтры и развязывающие устройства. От их правильного размещения зависят потери в высокочастотном тракте и "плавание" характеристик фильтрующих элементов, приводящее к ухудшению соотношения сигнал/шум.

Конструкция и тип антенной мачты БС сильно зависят от местных условий и необходимой дальности действия системы. Это может быть вновь устанавливаемая высотная мачта с мощным фундаментом или небольшая конструкция, размещаемая на здании, вышке радиорелейной линии, башне радио-, телетрансляции и т. п.

В любом варианте требуется разработка полного комплекта строительно-монтажной документации в соответствии с действующими СНиПами и ГОСТами. В сложных случаях возможен (иногда просто необходим) дополнительный этап инженерных изысканий. Основные требования к конструкции антенн: надежность, минимизация влияния крепежа на диаграмму направленности, технологичность монтажа и ремонта, наличие молниезащиты. Мало, чтобы антенна была прочной и коррозионно устойчивой, она должна быть к тому же достаточно легкой, что особенно важно при монтаже на существующих высотных сооружениях. В конструкции

АФУ необходимо предусмотреть возможность работы в условиях обледенения, определенных снеговой и ветровой нагрузок. Способы и конструкции крепления антенн и мачт должны удовлетворять нормативным требованиям по надежности и безопасности.

При проектировании СПР необходимо произвести трассировку радиокабелей, кабелей электропитания, шин защитного заземления и молниезащиты, телефонных линий, иногда трасс водоснабжения, систем отопления, пожарной сигнализации и т. п.

Основные требования к прокладке радиокабеля - минимизация его длины для уменьшения вносимых потерь и учет специфических требований молниезащиты.

Иногда при монтаже системы из нескольких антенн, необходимо учитывать фазовый набег в кабеле, который может исказить диаграмму направленности антенной системы. Идеальным вариантом было бы использование двух антенных систем на прием и передачу, где приемная антенна расположена выше передающей, а аппаратура размещается вблизи от приемной. Потери в кабеле можно компенсировать увеличением мощности передатчика, а с подъемом приемной антенны улучшается качество приема сигнала от маломощных портативных станций.

При разводке линий энергоснабжения должны учитываться стандартная и пиковая нагрузки на электрическую сеть (с запасом на будущее развитие), наличие существующих щитов электропитания, электропроводки, проблемы обеспечения электробезопасности персонала. При необходимости создаются резервные контура электропитания от дублирующих или автономных источников. Кабель электропитания выбирается с учетом общей нагрузки с необходимым запасом. Конкретный его тип зависит от способа внешней или внутренней прокладки: по диэлектрическим стенам, металлоконструкциям, трубам и т. д. Для вертикальной прокладки существуют специальные кабели, армированные стальной проволокой. Электроарматуру подбирают с учетом требований по надежности и безопасности. При монтаже оборудования в жилых помещениях запрещается использовать для питания оборудования бытовую электропроводку из-за недостаточно надежного заземления.

Разводка контуров заземления представляет особенную сложность при монтаже оборудования в жилых и офисных помещениях, переоборудуемых в производственные. Как правило, в них отсутствуют отводы стандартных систем заземления и необходима прокладка собственной надежной линии заземления от помещения (обычно расположенного на верхних этажах здания) до стандартных заземлителей, размещаемых у фундамента здания. Прокладка шин заземления ведется из соображений обеспечения норм на максимально допустимое сопротивление заземления, надежности, отсутствия или минимизации разности потенциалов земли для различных устройств, стоек, шкафов. Недопустимо использовать один контур заземления для обеспечения электробезопасности оборудования и для молниезащиты, так как при ударе молнии даже на столь низком сопротивлении (единицы Ом) образуется

разность потенциалов порядка тысяч вольт, что приводит к выходу из строя оборудования и может привести к поражению током обслуживающего персонала.

При разводке телефонной сети учитывается специфика прокладки низковольтных линий, особенности подключения к телефонной станции, а при необходимости предполагается установка дополнительных учрежденческих АТС и телефонного оборудования.

Проработка вопросов охраны и обеспечения условий труда, техники безопасности. Обеспечение безопасной эксплуатации требует от проектировщика проработки электробезопасности, пожарной безопасности, охраны труда обслуживающего персонала, расчета санитарно-защитной зоны и зоны ограничения застройки с точки зрения воздействия электромагнитных полей передатчиков БС. Материалы этого раздела накладывают строгие рамки на выбор конструктивных решений при проектировании.

Для обеспечения пожарной безопасности в проектах предусматривается использование специальных негорючих материалов, средств пожаротушения, аварийной вентиляции, системы противопожарной сигнализации, разрабатываются маршруты эвакуации персонала на случай пожара.

Для обеспечения охраны труда помещения, в которых будут располагаться персонал и оборудование, должны соответствовать санитарным правилам и нормам. Особое внимание уделяется вопросам защиты от электромагнитных полей, правильному освещению, отоплению и вентиляции. В проекте также должны быть отражены рекомендованный режим работы персонала и требования по его допуску к выполнению работ с точки зрения знаний техники безопасности.

Дополнительные материалы по соблюдению требований экологии могут понадобиться при использовании в качестве резервных источников питания компактных дизельных агрегатов или кислотных аккумуляторов, а также в ряде других случаев. Как правило, оборудование СПР не имеет выбросов, загрязняющих окружающую среду.

Проектирование СПС по описанной технологии является многократным итерационным процессом поиска технико-экономических и конструкторско-технологических решений, шаг за шагом приближающихся к оптимальным, в смысле удовлетворения требованиям ТЗ. Следование ТС делает процесс проектирования алгоритмически системным и соответствующим требованиям функционально-стоимостной оптимизации. Знание этой технологии позволит операторам СПР более взвешенно и ответственно подходить к проблемам формирования требований к своим сетям, к управлению их проектированием, построением и эксплуатации.

Однако, как правило, проект СПР очень трудно сделать без опыта и аппаратурно-программной базы проектирования радиосистем, профессионального и компетентного анализа возможных вариантов, понимания специфики государственного регулирования в области связи. Со всех точек зрения, в том числе экономической, наиболее целесообразно

поручить весь комплекс работ по созданию СПР, в том числе проектирование, опытной, зарекомендовавшей себя в этой области деятельности фирме.

3.3. Оплата радиочастотного спектра для СПР

Законом «О связи» (ст. 22, п.4) установлена платность использования радиочастотного спектра в Российской Федерации.

Постановление правительства РФ от 16.03.2011 №171 устанавливает порядок определения размеров разовой и ежегодной платы за использование радиочастотного спектра на основании выданных в установленном порядке разрешений на использование радиочастот или радиочастотных каналов. Размеры разовой и ежегодной платы устанавливаются приказом Роскомнадзора по каждому выдаваемому разрешению и в соответствии с методикой расчета размеров разовой платы и ежегодной платы за использование радиочастотного спектра, утвержденной приказом Минкомсвязи РФ от 30.06.2011 № 164.

Также Роскомнадзором разработан практический комментарий к методике расчета платы за использование радиочастотного спектра. Указанная методика включает в себя ставки и коэффициенты, дифференцируемые в зависимости от используемых диапазонов радиочастот, количества используемых радиочастот (радиочастотных каналов) и технологий, применяемых при использовании радиочастотного спектра. Такие ставки и коэффициенты подлежат пересмотру не реже 1 раза в 2 года с учетом сроков формирования федерального бюджета. Указанная методика и внесенные в нее изменения, в том числе в части пересмотра ставок и коэффициентов, размещаются на официальном сайте Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации в сети Интернет не позднее чем за 15 дней до дня их вступления в силу.

Разовая плата взимается однократно за предоставление пользователю права использовать в Российской Федерации радиочастотный спектр и подлежит перечислению в установленном порядке в федеральный бюджет одним платежом в срок, не превышающий 30 дней со дня принятия решения.

Ежегодная плата подлежит перечислению в установленном порядке в доход федерального бюджета ежеквартально равными долями.

В случае невнесения пользователем разовой платы или ежегодной платы за квартал в течение 30 дней со дня установленного срока платежа действие разрешения прекращается во внесудебном порядке, т.е. если оператор не заплатил и не предоставил копию платежного документа в радиочастотную службу до 15 числа 3-го месяца квартала – частоты потеряны. При прекращении или приостановлении действия разрешения внесенная пользователем разовая плата или (и) ежегодная плата не возвращается и не учитывается при внесении платы за следующие периоды (в случае возобновления действия разрешения).

В случае переоформления разрешения при реорганизации пользователя, а также в случае изменения данных в учредительных документах или в документе, удостоверяющем личность пользователя, разовая плата не взимается. При переоформлении разрешения на нового владельца - взимается.

На сайте Роскомнадзора существует раздел «Информация о регистрации присвоений (назначений) радиочастот». Там можно узнать сумму платежей по Вашему разрешению на использование радиочастот (первые цифры разрешения - это номер приказа Роскомнадзора). Там же есть финансовый калькулятор, с помощью которого можно ориентировочно рассчитать плату за использование радиочастотного спектра.

Размеры разовой платы устанавливаются применительно к каждому выдаваемому разрешению и рассчитываются по следующей формуле:

$$P_p = C_p \times K_{\text{диап}} \times K_{\text{рч}} \times K_{\text{тех}},$$

где:

P_p - размер разовой платы, руб.;

C_p - ставка разовой платы, руб.;

$K_{\text{диап}}$ - коэффициент, учитывающий используемый диапазон радиочастот;

$K_{\text{рч}}$ - коэффициент, учитывающий количество используемых радиочастот (радиочастотных каналов);

$K_{\text{тех}}$ - коэффициент, учитывающий технологию, применяемую при использовании радиочастотного спектра.

Коэффициенты применяются в отношении каждой радиочастоты (радиочастотного канала) и/или полосы радиочастот.

Размеры ежегодной платы также устанавливаются применительно к каждому разрешению и рассчитываются по следующей формуле:

$$P_{\Gamma} = \sum_{i=1}^4 P_{\Gamma(KB)}^i,$$

где:

$$P_{\Gamma(KB)} = C_{\Gamma} / 4 \times K_{\text{диап}} \times K_{\text{рч}} \times K_{\text{тех}} \times ДР / ДК,$$

P_{Γ} - размер ежегодной платы, руб.;

$P_{\Gamma(KB)}$ - размер ежегодной платы за квартал, руб.;

C_{Γ} - ставка ежегодной платы, руб.;

ДР - количество дней действия разрешения в течение оплачиваемого квартала;

ДК - количество дней в оплачиваемом квартале.

Отметим, что министерство разработало внесение изменений в методику расчета размеров разовой платы и ежегодной платы за использование радиочастотного спектра. Согласно проекту приказа, основные изменения коснутся базового принципа взимания платы для радиотехнологий стандарта

GSM (кроме GSM-R), IMT-MC-450, UMTS, LTE. По новой методике операторы данных сетей будут платить не за количество базовых станций, а за выделенный спектр в определенном регионе. Новый подход нацелен, прежде всего, на повышение качества услуг связи для абонентов. В обновленной методике заложен дифференцированный принцип. В расчете платы учитывается специфика субъектов РФ, а именно определены специальные региональные коэффициенты.

Планировалось, что изменения вступят в действие с I квартала 2014 г, однако по состоянию на июнь 2014 г. они еще не были согласованы в Минэкономразвития.

Коэффициент, учитывающий используемый диапазон радиочастот, рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{\text{диап}} = K_{\text{дч}} \times K_{\text{кат}},$$

$K_{\text{дч}}$ - коэффициент, учитывающий диапазон радиочастот;

(самые «дорогие» радиочастоты, а это и есть частоты СПРС, от 30 до 3000 МГц имеют коэффициент 2, а самые «дешевые» до 3 МГц и свыше 30 ГГц – коэффициент 0,1)

$K_{\text{кат}}$ - коэффициент, учитывающий категорию используемого диапазона радиочастот.

(для «СИ» и «ГР»=1, а для «ПР» -1,5)

Коэффициент, учитывающий количество используемых радиочастот (радиочастотных каналов) для РЭС рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{\text{рч}} = \sum N,$$

$K_{\text{рч}}$ - коэффициент, дифференцируемый от количества используемых радиочастот (радиочастотных каналов);

N - количество используемых радиочастот.

Расчет количества N используемых радиочастот (радиочастотных каналов) осуществляется в соответствии с выданными разрешениями на их использование для каждого места расположения радиоэлектронного средства (географических координат) путем суммирования количества радиочастот (радиочастотных каналов), используемых для передачи и/или приема радиоизлучений.

Если для приема и/или передачи радиоизлучения используется равная по значению радиочастота, то при расчете коэффициента, учитывающего количество используемых радиочастот (радиочастотных каналов), значение N для данного номинала радиочастоты принимается равным единице. То есть для симплексных сетей $K_{\text{рч}}=1$, для дуплексных $K_{\text{рч}}=2$.

Если в разрешениях не указаны разрешенные для использования радиочастоты (радиочастотные каналы), а указана только используемая полоса радиочастот ΔF , то расчет количества (N) определяется по формуле:

$$N = \Delta F(\text{МГц}) / 1\text{МГц}.$$

Коэффициент, учитывающий технологию, применяемую при использовании радиочастотного спектра, рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{\text{ТЕХ}} = K_{\text{ПЕРСП}} \times K_{\text{НИШИ}} \times K_{\text{НАС}} \times K_{\text{СОЦ}},$$

$K_{\text{ПЕРСП}}$ - коэффициент, учитывающий перспективность технологии, применяемой при использовании радиочастотного спектра.

Для СПРС максимальные и минимальные значения $K_{\text{персп}}$ приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Полоса р/частот, МГц	Категория полосы/ Категория распределения	Группа 1 Кперсп = 0,5	Группа 2 Кперсп = 3.0	Примечание
156,8375 - 162,7625	СИ Первичная		решение ГКРЧ от 31.03.2003 протокол № 25/6	за исключением воздушной подвижной
307 -308			решения ГКРЧ от 05.07.93 протокол № 13/2 от 28.12.98 протокол № 11/1	
343 - 344				
440 - 460			решение ГКРЧ от 24.12.91 протокол № 15/3	за исключением воздушной подвижной
460 - 470				
470 - 638	СИ		решение ГКРЧ от 20.12.2011 № 11-13-07-5	Доп. распределение: сухопутная подвижная (примечание 159А ТРИЧ)
790 - 862		РП РФ от 21.01.2011 №57-р	решение ГКРЧ от 15.12.2009 № 09-05-06	Доп. распределение: сухопутная подвижная (примечания 164 и 168 ТРИЧ)
862 - 890			решения ГКРЧ от 15.12.2009 № 09-05-06 от 01.12.2003 протокол № 30/1	Доп. распределение: сухопутная подвижная (примечания 164 и 168 ТРИЧ)
890 - 915	СИ Вторичная			за исключением воздушной подвижной
915 - 935				Доп. распределение: сухопутная подвижная (примечание 170 ТРИЧ)
935 - 960	СИ Вторичная			за исключением воздушной подвижной

2300 - 2450	ПР Первичная			
2500 - 2520	ПР Первичная			за исключением воздушной подвижной
2520 - 2655	ПР Первичная			за исключением воздушной подвижной
2655 - 2670	ПР Первичная			за исключением воздушной подвижной
2670 2690	ПР Первичная			за исключением воздушной подвижной

$K_{ншпи}$ - коэффициент, учитывающий НШПИ радиосигнала для передачи информации с заданным качеством в используемом радиочастотном канале;
Значения коэффициента для различных СПРС приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6

НШПИ	$K_{ншпи}$	Примечание
менее 100 кГц	1	Конвенциональные системы связи Транкинговые системы связи
100 кГц - 1 МГц включительно	2	GSM
1 МГц - 10 МГц включительно	2,5	IMT-МС, UMTS
более 10 МГц	3	LTE

$K_{нас}$ - коэффициент, учитывающий численность населения в месте установки РЭС;

Значения коэффициента общее для всех РЭС и приведено в таблице 3.7.

Таблица 3.7

Численность населения	$K_{нас}$
г. Москва	0,6
г. Санкт-Петербург	1,2
1-3 млн	1,1
200 тыс. – 1 млн.	1,0
менее 200 тыс.	0,9
Районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности	0,5

$K_{соц}$ - коэффициент, учитывающий степень социальной направленности внедрения технологии.

Значения коэффициента для СПР, как правило, равно 1.

Примеры

Наименование РЭС	Место установки	Кол-во номиналов (диапазон) радиочастот	Размер разовой платы	Размер ежегодной платы

БС ТЕТРА	Подпорожский р-н Ленинградской обл.	2 (412-422 МГц)	1080 руб.	5040 руб.
БС подвижной технологической связи	Олонецкий р-н респ. Карелия	2 (146-174 МГц)	1200 руб.	5600 руб.

Для БС GSM-900/1800, состоящей из 3-х передатчиков (место установки – Ленинградская обл.), каждый из которых использует 2 радиочастотных канала (на передачу и прием), ежегодная плата за использование спектра будет составлять 30240 руб. и рассчитывается следующим образом:

Ср	Кдч	Ккат	Крч	Кперсп	Кншпи	Кнас	Ксоц	Ежегодная плата, руб. в год	Кол-во передатчиков
1400	2	1	2	1	2	0,9	1	10 080,00	3
								Итого:	30 240,00

Для БС UMTS (3G), использующей 2 несущих (передача и прием осуществляется на одной несущей), ежегодная плата за использование спектра (место установки – Ленинградская обл.) будет составлять 31500 руб.

Технология	№ несущей	Ср	Кдч	Ккат	Крч	Кперсп	Кншпи	Кнас	Ксоц	Ежегодная плата, руб. в год
БС-3G (передача)	1	1400	2	1,5	1	1	2,5	0,90	1	9 450,00
БС-3G (прием)		1400	2	1	1	1	2,5	0,90	1	6 300,00
БС-3G (передача)	2	1400	2	1,5	1	1	2,5	0,90	1	9 450,00
БС-3G (прием)		1400	2	1	1	1	2,5	0,90	1	6 300,00
									Итого:	31 500,00

3.4. Концепция MVNO

Виртуальный оператор сотовой связи (англ. MVNO - mobile virtual network operator) - оператор сотовой связи, использующий существующую инфраструктуру другого оператора, но продающий услуги под собственной маркой.

Как правило, совместно с базовым оператором используется общая сотовая сеть и коммутаторы, часто общая система биллинга. Такая схема работы позволяет виртуальному оператору исключить громадные капиталовложения, необходимые для построения и поддержания сотовой сети.

MVNO работают как на массовом (дискаунтеры), так и на нишевых рынках (например, ориентируются на мигрантов, путешественников и пр.). В последние годы появляются MVNO нового поколения, специализирующиеся, например, на межмашинных коммуникациях (M2M), мобильных финансовых сервисах и пр. Многие операторы фиксированной связи создают MVNO для

расширения своих пакетных предложений (широкополосный доступ в Интернет, фиксированная телефония, платное ТВ и мобильная связь), повышения ARPU и снижения оттока абонентов.

На рынке виртуальных операторов работают также специализированные провайдеры (Mobile Virtual Networks Aggregators, MVNA), которые позволяют компаниям-брендам (light MVNO) быстро создавать MVNO, обеспечивая их коробочным MVNO-решением, решением «под ключ». Окупаемость проектов высокого уровня (full MVNO), которые могут иметь практически всю инфраструктуру, за исключением базовых станций, как правило, затягивается, а риски довольно значительны. С другой стороны, в тех странах (Россия входит в их число), где на рынок MVNO преимущественно выходят или пытаются выйти телекоммуникационные компании, уже имеющие часть сетевой и ИТ-инфраструктуры, вектор развития может быть направлен в сторону создания именно full MVNO. Виртуальные операторы также могут заключать контракты с несколькими MNO для оптимизации своих предложений и увеличения доходов.

Для операторов мобильной связи модель виртуальных операторов имеет преимущества и недостатки. С одной стороны, MVNO помогают операторам мобильной связи расширить географию своего присутствия, добраться до нишевых групп абонентов, полнее задействовать недостаточно загруженные ресурсы сети и сократить затраты на приобретение и удержание абонентов; с другой – операторы опасаются роста конкуренции и ухода абонентов, уменьшения степени контроля над MVNO и пр. Последний фактор подталкивает операторов, в частности, к созданию light MVNO, которых легче контролировать.

На развивающихся рынках развитие рынка MVNO сдерживается такими факторами, как низкая узнаваемость бренда виртуального оператора по сравнению с брендами основных операторов, давно присутствующими на рынке; оказывает заметное развитие операторских суб-брендов; недостаточное развитие розничных сетей дистрибуции MVNO; высокие тарифы в некоторых странах; слабая поддержка со стороны мобильных операторов. С другой стороны, в последнее время появляются новые возможности для новых виртуальных операторов, что является существенным стимулирующим фактором для развития модели MVNO. Это развитие сетей LTE и публичных сетей Wi-Fi (могут использоваться для разгрузки мобильного трафика), рост рынка M2M-решений, увеличение потребления услуг передачи данных при сохраняющихся высоких тарифах в международном роуминге, непрекращающийся поток мигрантов, активное использование социальных сетей и пр.

Существенное влияние оказывают на развитие рынка MVNO отраслевые регуляторы; при этом подходы к регулированию могут отличаться даже в пределах Евразии.

В России деятельность MVNO определяется двумя приказами Минкомсвязи: от 29 декабря 2008 г. № 116 «Об утверждении требований к

оказанию услуг подвижной радиотелефонной связи при использовании бизнес-модели виртуальных сетей подвижной радиотелефонной связи» и от 30 августа 2011 г. № 215 «О мерах по дальнейшей реализации бизнес - модели виртуальных сетей подвижной радиотелефонной связи, в части использования ресурса нумерации».

Первый приказ предусматривает, что обеспечение доступа абонентов к сети связи оператора связи, оказывающего услуги с использованием бизнес-модели виртуальных сетей подвижной радиотелефонной связи, осуществляется лицензиатом с использованием элементов сетей связи других операторов связи, имеющих необходимые лицензии. Пункт 3 тех же требований указывает на необходимость согласования схемы взаимодействия сетей связи виртуального оператора и оператора, обладающего инфраструктурой радиодоступа. Эти положения Приказа Минкомсвязи обязывают виртуального оператора создать собственный элемент сети связи в сети связи общего пользования.

Присоединение сети связи виртуального оператора к другим сетям связи производится с учетом положений главы 4 Федерального закона «О связи» и Правилами присоединения сетей электросвязи и их взаимодействия, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 28.03.2005 №161. В соответствии с п. 9 Правил присоединения сетей электросвязи и их взаимодействия сеть подвижной радиотелефонной связи отнесена к сети зонной телефонной связи.

Виртуальный оператор вправе оказывать услуги присоединения операторам:

- 1) сетей междугородной и международной телефонной связи;
- 2) сетей зонной телефонной связи;
- 3) сетей местной телефонной связи;
- 4) сетей передачи данных.

В остальном Правила присоединения регламентируют общую процедуру заключения договора присоединения, перечень условий договора, услуги присоединения и пропуска трафика которые относятся к виртуальному оператору как оператору подвижной связи, не устанавливая какой-либо специфики его статуса.

Достоинства такого варианта очевидны. Для оператора MVNO: возможность предоставлять услуги при отсутствии лицензии, отсутствие капитальных затрат на строительство сети, расширение спектра услуг подвижной радиотелефонной связи (например, услуги UMTS в собственной сети и услуги LTE в сети партнера по совместному использованию), возможность планировать операционные расходы и т.д. Для владельца сети - компенсация затрат на строительство и эксплуатацию сети за счет платежей MVNO-операторов.

Второй приказ выделил ресурс нумерации для сетей подвижной радиотелефонной связи при использовании бизнес-модели виртуальных сетей подвижной радиотелефонной связи, а именно коды DEF = 958, 959, 990.

По состоянию на октябрь 2013 года 80 российским компаниям было выдано 109 MVNO-лицензий. Реально работало чуть более десятка проектов, без учета суббрендов операторов (например, «Просто для общения» (Новые подключения не производятся, но обслуживание существующих абонентов продолжают) от «МегаФона», «Ё» от СМАРТС и др.). Ряд проектов (МТТ Мобайл, Домолинк Мобі, Мобильный Qwerty и др.), запущенных телекоммуникационными операторами, позиционируются как full MVNO, в отличие от большинства других проектов, которые являются просто брендированными тарифами от «большого оператора». В частности, оператор МТТ обеспечивает не только маркетинг и продажи, но и собственный биллинг и тарификацию, маршрутизацию и собственные каналы связи.

Анализ существующих, а также находящихся на разных этапах реализации (в том числе планируемых, закрытых и «замороженных») MVNO-проектов в России (табл. 3.8 показал следующее. Наиболее «жизнеспособными» MVNO являются запущенные телекоммуникационными компаниями, а также проекты, ориентированные на национальные диаспоры. Кроме того, перспективна ниша обслуживания госслужащих, проекты в сегментах B2B и M2M, работа на LTE-сетях, а также проекты, курируемые государством («ЭРА-Глонас», «Сельская связь» и пр.). MVNO в ритейле, популярные на развитых рынках, в России оказались в большинстве случаев неудачными.

Таблица 3.8

Сводная таблица операторов MVNO в России

Торговая марка	Сотовый стандарт	Опорная сеть	Дата запуска	Примечание
Yota	GSM	МегаФон	2014	GSM на базе Мегафона и LTE на базе своей сети
Мобилинк	GSM	Билайн	2014	Осуществляет свою деятельность на территории Саратовской области, однако пользоваться услугами связи можно по всей России. Наличие собственного call-центра позволили превзойти базового оператора по таким ключевым параметрам, как цена и сервис. Наличие VIP услуг для клиентов Мобилинк.
WhyFly	GSM	Билайн	2013	Осуществляет свою деятельность на территории Московского региона, однако пользоваться услугами связи можно по всей России. Наличие собственной системы биллинга и call-центра позволили превзойти базового оператора

				по таким ключевым параметрам, как цена и сервис.
Мобильный Qwerty	CDMA	Скай Линк	2013	Москва и Московская область
МТС	LTE	Yota	2012	Только на территории г. Казань
МегаФон	LTE	Yota	2012	
Летай	GSM	СМАРТС	26 апреля 2012	В настоящий момент компанией Таттелеком оформлены все необходимые документы и выкуплена нумерация DEF на 100 тыс. номеров (95862xxxxx). На начало 2013 года подключено около 1000 абонентов под торговой маркой «Летай».
Плюс Один	CDMA	Скай Линк	2011	Проект компании Ростелеком
Домолинк	CDMA	Скай Линк	2011	Владимирская, Калужская, Тверская, Московская обл. и др.
МТТ Мобайл	CDMA	Скай Линк	2010	Москва и Московская обл. и др.
Аллё (ООО «ЛэндМаркет» дочерняя компания X5 Retail Group)	GSM	МТС	4 августа 2010 г.	Лицензия получена в августе 2009. Пакеты подключения начали продаваться 4.08.2010 в супермаркетах «Карусель». Оператор действует на территории Москвы и Московской обл.
«Просто для общения»	GSM	МегаФон	2009	Проект закрыт в 2010 г
Бизнес Волна (Манго)	GSM	МегаФон	2009	
«Народный мобильный телефон»	IMT-MC-450, GSM	Скай Линк, СМАРТС	Планируется	Лицензия получена в марте 2009 г., но услуги не предоставляются
«А-Мобайл»	GSM	МТС	2008	(Ашан - только продажи, обслуживание и уход с тарифа свободный). Только Москва, Санкт-Петербург и Екатеринбург
«Ё»	GSM	СМАРТС	2008	Респ. Мордовия, респ. Башкортостан, респ. Татарстан, Чувашская Республика, Саратовская обл., Ульяновская обл., Астраханская обл.
«Безлимит»	GSM	Ранее Билайн, в 2013 г. компания получила собственную сеть с одноименным названием»	2007	В настоящий момент компания выпустила линейку безлимитных тарифов под собственным брендом и ведет активное подключение абонентов премиум класса

«Евросеть»	GSM	СМАРТС	2007	
«Центральный телеграф» (марки «База мобильная», «Мегател»)	GSM	МегаФон	2006	
АвиаТел	GSM	МегаФон	2003	
Вест Колл	GSM	МегаФон	2003	
Глобус Телеком	GSM	МегаФон	2003	
Инвестэлектро связь (Корбина)	GSM	Билайн	2003	Проект выкуплен компанией Вымпелком. Абоненты перешли в Билайн.
Комет (Синтерра)	GSM	МегаФон	2003	Проект закрыт
КомСтар	GSM	МегаФон	2003	
МастерТел	GSM	МегаФон	2003	
Матрикс Телеком	GSM	МегаФон	2003	
Фирма ТЕЛ	GSM	МегаФон	2003	
Техник Телепорт	GSM	МегаФон	2003	Проект закрыт
«Гарс Телеком»	GSM, CDMA	МегаФон, Скай Линк	2003	
«SunSim»	GSM	Билайн	2003	
«Алло Инкогнито»	GSM, CDMA, MVNO, GPON	МегаФон, Скай Линк, Билайн	2001	На данный момент также поставляют услуги связи, базируясь на собственных сетях. Один из старейших виртуальных операторов РФ. Оператор действует на территории Москвы и МО, Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона.

В России наибольший потенциал имеет формат «полного цикла», который может обеспечить приемлемые прямые расходы и полное управление услугами. Выделенный номерной ресурс в кодах негеографической нумерации (более 10 млн номеров) определяет верхнюю границу прогноза абонентской базы full MVNO на среднесрочную перспективу – около 4% от числа активных SIM-карт мобильной связи в России.

Наиболее применяемый сценарий последних лет позволяет операторам сетей GSM, не получившим 4G лицензию, предоставлять абонентам доступ к услугам сети оператора связи, получившего такую лицензию. Оператор сети 4G в данном случае получает возможность увеличить число абонентов, использующих технологически развитые услуги связи, что, в частности, соответствует сокращению сроков возвращения инвестиций в построение сети следующего поколения.

3.5 Концепция совместного использования ресурсов операторами связи

Концепция совместного использования сетей (Network Sharing) предполагает использование различных составляющих сетевой инфраструктуры более чем одним оператором связи. В рамках концепции участники рынка связи переходят от традиционных решений, согласно которым каждый оператор связи независимо решает задачи строительства и эксплуатации собственных сетей связи к совместному использованию сетевой инфраструктуры. Могут быть выделены следующие общие положения концепции Network Sharing:

- операторы совместно используют функциональность элементов сетевой инфраструктуры;

- совместное использование элементов сетевой инфраструктуры осуществляется таким образом, чтобы не ограничивать рыночную конкуренцию операторов.

В рамках концепции Network Sharing операторы связи могут не только совместно использовать сетевую инфраструктуру, но и осуществлять обслуживание инфраструктуры, а также планировать и реализовывать ее развитие на условиях совместного участия. В этом случае могут быть выделены следующие дополнительные принципы, характерные для таких реализаций концепции Network Sharing:

- операторы совместно несут капитальные и операционные затраты, относящиеся к используемым совместно объектам сетевой инфраструктуры, в долях, определенных достигнутыми договоренностями;

- решения по развитию совместно используемой инфраструктуры принимаются с учетом интересов всех вовлеченных операторов.

Концепция Network Sharing разрабатывалась, прежде всего, в интересах операторов подвижной радиотелефонной связи, для которых она является средством сокращения капитальных и операционных затрат в условиях насыщения рынка, снижения доходов и необходимости развития сетей подвижной радиотелефонной связи операторов за счет внедрения технологий 3G и 4G на фоне конкурентной борьбы. Исторически более ранней реализацией концепции Network Sharing является совместное использование пассивного оборудования, к которому относят следующие составляющие сети:

- антенно-мачтовые сооружения;

- площади для размещения оборудования на поверхности земли, на антенно-мачтовых сооружениях, на поверхности крыш домов и в других точках;

- стойки для размещения активного оборудования;

- системы кондиционирования;

- системы электроснабжения;

- системы противопожарной безопасности и другие системы охраны.

Как можно видеть из приводимого перечня, совместное использование пассивного оборудования направлено, прежде всего, на сокращение расходов при организации сети радиодоступа, как наиболее затратной составляющей сети подвижной радиотелефонной связи. Операторы связи могут ограничиваться совместным использованием площадей для размещения оборудования и мачтами, что позволяет сократить объемы капитального строительства и расходы, связанные с арендой и/или приобретением земли для последующего возведения антенно-мачтовых сооружений. При этом, совместное использование инженерных систем позволяет операторам дополнительно оптимизировать эксплуатационные затраты, не относящиеся напрямую к оказанию услуг связи.

Преимуществом совместного использования пассивного оборудования является относительная простота реализации, использование активного сетевого оборудования и пользовательских устройств без изменения и/или дополнения их функциональности, принципиальное сокращение затрат на капитальное строительство и эксплуатационных расходов, разделяемых между операторами. При совместном использовании пассивного оборудования отсутствует необходимость в поддержке каких-либо дополнительных отраслевых стандартов, т.к. данный вариант концепции Network Sharing не отражается на функционировании узлов сетей операторов связи. Главным образом, совместное использование пассивного оборудования определяется заинтересованностью операторов связи и спецификой отраслевого регулирования, которое может ограничивать, например, использование объектов капитального строительства – составляющих проекта сети подвижной радиотелефонной связи более чем одним оператором связи.

Концепция Network Sharing применительно к активному сетевому оборудованию последовательно развивает сферу применения концепции и предполагает совместное использование операторами подвижной радиотелефонной связи узлов и составляющих, которые непосредственно относятся к эксплуатируемым сетям связи. К активному оборудованию могут относиться, в том числе, элементы сетевой инфраструктуры:

- оптические и медные кабели связи;
- приемо-передающее радиооборудование;
- радиоканалы или лицензируемые радиочастотные спектры;
- сетевые устройства;
- архитектурные составляющие сети подвижной радиотелефонной связи.

Совместно использоваться могут как компоненты опорной сети (Core Network), так и сети радиодоступа (Radio Access Network, RAN). Состав совместно используемых узлов определяется выбранным сценарием реализации концепции Network Sharing и соглашениями, заключенными в интересах участвующих операторов связи.

Консорциум 3GPP, разрабатывающий спецификации в области подвижной радиотелефонной связи, выпустил ряд документов, определяющих требования, необходимые для полнофункциональной поддержки концепции

Network Sharing в части совместного использования активного сетевого оборудования в системах UMTS/LTE, а также ограниченной поддержки концепции в системах GSM. В набор стандартов входят документы, описывающие возможные сценарии реализации концепции Network Sharing, требования по архитектурным особенностям реализации концепции на сетях связи, требования по расширению функциональности узлов сети подвижной радиотелефонной связи для поддержки Network Sharing. К ним относятся следующие технические документы:

- TR 22.951 «Service aspects and requirements for network sharing»;
- TR 23.851 «Network sharing; Architecture and functional description»;
- TS 23.251 «Network sharing; Architecture and functional description»;
- TS 23.236 «Intra-domain connection of Radio Access Network (RAN) nodes to multiple Core Network (CN) nodes».

В России также принято ряд нормативных правовых актов, определяющих возможность применения концепции RAN Sharing в сетях 3G и 4G, в частности:

- приказ Минкомсвязи от 20.04.2012 № 118, определяющий возможность применения концепции RAN Sharing для систем базовых станций и ретрансляторов сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта UMTS (внесение изменений в приказ Минкомсвязи от 17.02.2010 № 31);

- приказ Минкомсвязи от 11.03.2014 № 39, определяющий возможность применения концепции RAN Sharing для систем базовых станций и ретрансляторов сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта LTE (внесение изменений в приказ Минкомсвязи от 06.06.2011 № 129).

Также в настоящее время проходит согласование проект приказа Минкомсвязи, определяющий возможность применения концепции RAN Sharing для абонентских терминалов сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта LTE.

ЛИТЕРАТУРА

1. ФЗ № 126 от 7 июля 2003 г. «О связи».
2. Регламент радиосвязи.- МСЭ, Женева, 2012.
3. Порядок проведения экспертизы возможности использования заявленных радиоэлектронных средств и их электромагнитной совместимости с действующими и планируемыми для использования радиоэлектронными средствами, рассмотрения материалов и принятия решений о присвоении (назначении) радиочастот или радиочастотных каналов в пределах выделенных полос радиочастот (утвержденное решением ГКРЧ № 11-13-02 от 20.12.2011).
4. Постановление Правительства РФ от 12 октября 2004 г. N 539 «О порядке регистрации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств» (посл. ред. от 19.03.2013 N 237).
5. Таблица распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации (утверждена постановлением Правительства РФ от 21 декабря 2011 г. №1049-34).
6. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Михайлов П.А. Сети мобильной связи. Частотно–территориальное планирование. – Изд. 2–е исправленное. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 224 с.
7. ETSI TS 102 361-1 V1.2.1 (2006-01) Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Digital Mobile Radio (DMR) Systems; Part 1: DMR Air Interface (AI) protocol.



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

КАФЕДРА БЕСПРОВОДНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Кафедра основана в 2011 году группой специалистов в области электросвязи, занимающихся научно-исследовательской и практической деятельностью, и уже зарекомендовала себя как динамично развивающееся подразделение университета.

Основной упор при подготовке студентов делается на обучении основам построения и функционирования систем, сетей и технологий беспроводной связи. В процессе обучения изучаются современные и перспективные технологии сотовой связи (GSM, UMTS, LTE), телевидения и радиовещания (DVB-T/H, DRM), спутниковой связи и навигации (ГЛОНАСС, GPS), а также технологий специализированной связи.

Во время обучения уделяется особое внимание услугам в сетях беспроводной связи: мобильное телевидение, мобильный Интернет, IP-телефония и др.

Григорьев Владимир Александрович, Лагутенко Олег Иванович,
Распаев Юрий Алексеевич, Хворов Игорь Алексеевич

**ОСОБЕННОСТИ ЧАСТОТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ,
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА СИСТЕМ
ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел НИУ ИТМО

Зав. РИО

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе

Н.Ф. Гусарова