

## ОТЧЕТ МСЭ-R F.2047

**Технические разработки и тенденции развития применений в фиксированной службе**

(Вопрос МСЭ-R 221/9)

(2004)

**1 Введение**

В настоящем Отчете содержатся руководящие указания по будущему развитию фиксированной службы (ФС), учитывающие самые современные технические разработки и тенденции развития применений для систем фиксированной беспроводной связи, включая применения фиксированного беспроводного доступа (ФБД), и исследования совместного использования частот в целях повышения эффективности использования спектра.

**2 Сфера применения**

В настоящем Отчете рассматриваются следующие вопросы, относящиеся к будущему развитию ФС:

- обзор тенденций развития техники ФС;
- усиление роли систем ФС в сетях электросвязи;
- тенденции использования полосы ФС в некоторых странах;
- исследования совместного использования частот с другими службами;
- возможные будущие применения в ФС.

Сфера применения настоящего Отчета распространяется на работающие в ФС обычные радиорелейные системы, системы ФБД, линии фиксированной беспроводной связи для транзитной связи, системы, использующие станции на высотной платформе (HAPS), и кочевые системы беспроводного доступа (КБД), включая рассмотрение конвергенции техники наземных систем беспроводной связи.

**3 Список сокращений и аббревиатур**

BS	Broadcasting service	РС	Радиовещательная служба
BSS	Broadcasting-satellite service	РСС	Радиовещательная спутниковая служба
BWA	Broadband wireless access	ШБД	Широкополосный беспроводный доступ
DVB	Digital video broadcasting	ЦТВ	Цифровое телевизионное радиовещание
EESS	Earth-exploration satellite service	ССИЗ	Спутниковая служба исследования Земли
FDD	Frequency division duplex	FDD	Дуплекс с частотным разделением
FS	Fixed service	ФС	Фиксированная служба
FSS	Fixed-satellite service	ФСС	Фиксированная спутниковая служба
FWA	Fixed wireless access	ФБД	Фиксированный беспроводный доступ
HAPS	High altitude platform stations	HAPS	Станция на высотной платформе
HDFS	High density applications in the fixed service	HDFS	Применения высокой плотности в фиксированной службе
IMT-2000	International Mobile Telecommunications-2000	IMT-2000	Международная подвижная электросвязь 2000
ISM	Industrial, scientific and medical	ISM	Промышленный, научный и медицинский

ISP	Internet service provider	ISP	Поставщик услуг интернета
ISS	Inter-satellite service	МС	Межспутниковая служба
LMCS	Local multipoint communication systems	LMCS	Локальная(ые) система(ы) связи со многими пунктами
LMDS	Local multipoint distribution systems	LMDS	Локальная(ые) система(ы) распределения на многие пункты
MDS	Multipoint distribution system	MDS	Система распределения многим пунктам
MP-MP	Multipoint-to-multipoint	MP-MP	Связь многих пунктов со многими пунктами
MS	Mobile service	ПС	Подвижная служба
MWA	Mobile wireless access	ПБД	Подвижный беспроводной доступ
MWS	Multimedia wireless systems	МБС	Мультимедийная беспроводная система
NWA	Nomadic wireless access	КБД	Кочевой беспроводной доступ
PDA	Personal digital assistant	ПЦС	Персональный цифровой секретарь
P-MP	Point-to-multipoint	Р-М	Связь пункта со многими пунктами
P-P	Point-to-point	Р-Р	Связь пункта с пунктом
QoS	Quality of service	КО	Качество обслуживания
RF	Radio frequency	РЧ	Радиочастота
RL	Radiolocation	RL	Радиолокация
RLAN	Radio local area network	RLAN	Локальная радиосеть
RN	Radionavigation	РН	Радионавигация
RRS	Radio-relay system	РРС	Радиорелейная система
SDH	Synchronous digital hierarchy	СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
SDR	Software defined radio	SDR	Радиосвязь с программируемыми параметрами
SONET	Synchronous optical network	SONET	Синхронная оптическая сеть
STM-1	Synchronous transport module 1	STM-1	Синхронный транспортный модуль 1
TDD	Time division duplex	TDD	Дуплекс с временным разделением

## 4 Разработки в ФС

### 4.1 Обзор тенденций развития техники ФС

В плане развития ФС следующие вопросы заслуживают пристального внимания:

- конвергенция служб и технические предложения, например концепция мультимедийных беспроводных систем (МБС);
- конвергенция кочевых, фиксированных и подвижных применений, включая применения, для которых не требуются лицензии;
- применения HDFS используются как для поддержания инфраструктуры, так и для обеспечения доступа пользователей. Стоит отметить, что ВКР-2000 определила в качестве доступных полос частот для систем HDFS следующие полосы:
  - 32, 38, 42, 52, 56 и 65 ГГц;
- возможная тенденция в направлении более гибких регламентарных режимов;

- довольно быстрый прогресс в исследованиях и разработках систем с более быстрой перестройкой частоты, обладающих гибкостью и автономностью, с целью обеспечения хорошей эффективности использования спектра способом, который также способствует практике скорейшего развертывания с минимальными затратами;
- требования пользователей в отношении более высокого качества обслуживания (КО), в частности на следующие 15 лет, или расширения во всемирном масштабе инфраструктуры, которая обеспечит стремительный рост интернета;
- понимание различного уровня развития в странах и возможный рост потребностей в спектре ФС;
- возможности для пересмотра использования применений в любой существующей полосе, используемой в ФС;
- возможности для улучшенного совместного использования частот с традиционной ФС и безлицензионные применения ФС и ПС, для которых не требуются лицензии.

Конвергенция в цифровой электросвязи (данные, голос, звук, изображение и видеоизображение) обуславливает тенденции развития техники в ФС, которые являются не только бурными, но также весьма непредсказуемыми, в частности на период времени свыше пяти лет.

Роль ФС изменяется. В прошлом ФС использовалась для различных транкинговых и транспортных применений – от применений с очень низкой пропускной способностью (ниже первичной скорости) до применений с очень высокой пропускной способностью, для которых требовалась защита на основе разнесения 1:1 на скоростях передачи данных системы выше порядка STM-1. Например, операторы электросвязи могли затрачивать большую часть определенной полосы частот для этих приложений с очень высокой пропускной способностью. В сети доступа ФС использовалась немного и в качестве дополнения к кабельным сетям. Однако за последние семь лет эти радиорелейные применения с очень высокой пропускной способностью были повсеместно заменены системами волоконно-оптической передачи, и в обозримом будущем эта тенденция будет и далее сохраняться.

С другой стороны, совсем недавно усилилось присутствие ФС в лицензируемой и нелицензируемой частях спектра сети доступа. Отчасти это объясняется наличием растущего спроса и экономического оборудования, которое, в свою очередь, является результатом появления согласованных стандартов систем ФБД на уровне управления доступом к среде и на физическом уровне. Предполагается, что в будущем ФС будет играть большую роль в сети доступа, дополненной транкинговыми и транспортными применениями с низкой, средней и очень высокой пропускной способностью. Как правило, для этих новых транкинговых применений не потребуется защита на основе разнесения 1:1, и они будут дополнять системы волоконно-оптической передачи в пересеченных, удаленных и труднопроходимых районах мира.

Повышенная гибкость оборудования, реализуемая с помощью программного управления, позволит изменять требования к асимметрии трафика (главным образом, в сети доступа) в ФС.

В некоторых случаях связь между системами в ФС и ПС становится не столь определенной. Поскольку задачей фиксированных систем Р-МР последующих поколений является осуществление связи за пределами прямой видимости, обеспечение связи с высокими качественными показателями и широкополосной связи, а также реализация ячеистых архитектур в сети доступа, ФС могла бы играть основную роль во внедрении транспортной сети для IMT-2000 и систем после IMT-2000. Эта роль может включать не только предоставление обслуживания, но и создание сетей для поддержки инфраструктуры, рассматриваемых в следующем разделе.

Становится все более и более вероятным, что для дальнейшего увеличения эффективности использования спектра в усовершенствованных системах ФБД (включая HDFS/ШБД) будет использоваться ряд методов, которые могут включать различные технологии дуплексной связи и их смесь, динамическое распределение скорости передачи данных, типы модуляции и диаграмму направленности/ширину луча антенны. Вероятно, такие системы будут обладать функциональной возможностью изменяемого или гибкого формирования радиостволов, что больше способствует передаче сигналов симметричных или ассиметричных услуг на основе потребности, которая является важным фактором развития услуг беспроводной связи.

В этой связи интересно рассмотреть SDR.

Обычно SDR характеризуется как технология радиосвязи, в которой рабочие параметры, в частности параметры, относящиеся к спектру, могут быть изменены с помощью программного обеспечения без изменения компонентов аппаратного обеспечения. Определение SDR и связанных с ней методов изучается в МСЭ-R. Следует отметить, что в ряде видов современного радиооборудования в качестве компонентов встроенного программного и аппаратного обеспечения используются программируемые модули памяти. В этом смысле некоторые формы SDR уже существуют на действующих сетях.

По некоторым аспектам технология SDR уже применяется в ряде частей радиосистем с начала девяностых годов, и предусматривается ее более широкое использование в будущем. SDR может стать эффективным решением проблемы создания многорежимных, многополосных и многофункциональных беспроводных устройств. Благодаря возможности программирования многие функции, которые ранее были реализованы в аппаратном обеспечении, могут выполняться с помощью высокоскоростной цифровой обработки сигналов, что позволяет устройству радиосвязи осуществлять передачу и прием в диапазоне частот.

Одной из сторон воздействия SDR на радиооборудование для ФС является то, что производители могли бы разрабатывать общую аппаратную платформу, на основе которой выполняются различные функции SDR, и что применение единого аппаратного обеспечения при разных технических характеристиках у многих операторов представляет экономическую выгоду. Такая особенность, возможно, окажет влияние на авторизацию оборудования, стандарты лицензирования или заявление о соответствии.

Как правило, производители отвечают за сертификацию своего оборудования фиксированной беспроводной связи в отношении конкретного набора технических параметров. В случае использования SDR может понадобиться, чтобы операторы несли эту ответственность сообща. В действительности, операторы должны сознавать потенциальные технические ограничения и ограничения, связанные с совместным использованием, которые имеют место во всем диапазоне рабочих частот и схем модуляции. Технология SDR могла бы стать рычагом для согласования стандартов излучения в полосах частот на всемирной или региональной основе.

Что касается организации развертывания ФС, то в ближайшей перспективе для схем Р-Р будут существовать связанные каскадные структуры (кольцо) или обычные каскадные структуры ("гирляндная цепь" или радиорелейная связь), а многопунктовые цепи будут включать структуры МР-МР (ячеистые), а также Р-МР и различные гибридные организации ФС. В отличие от обычных систем Р-Р, важным отличительным свойством при многопунктовом использовании систем является сосредоточение на радиочасти. Некоторые многопунктовые системы уже развернуты для поддержки инфраструктуры. Гораздо больше развертываний ФС потребуется для поддержки инфраструктуры сети в целях обеспечения быстрого роста рынков сотовой подвижной и кочевой связи, т. е. речь не идет о применениях доступа, а об обычных применениях инфраструктуры.

Следует отметить, что данные усовершенствования в конструкции систем и использовании спектра, включая применение плана размещения блоков частот радиостволов вместо обычного формирования радиостволов, будут полезны даже в отношении систем Р-Р, используемых в архитектурах развертывания самого обычного типа, и это будет влиять на ход разработки многопунктовых систем, которые в своем большинстве являются системами доступа.

## 4.2 Усиление роли систем ФС в сетях электросвязи

Системы ФС имели и имеют значение для работы линий дальней связи и межстанционных линий в сетях инфраструктуры электросвязи. Однако растущий спрос на системы беспроводного доступа и развитие волоконно-оптических систем привели к изменениям в развитии систем ФС. МСЭ-R проявляет все больший интерес к системам, используемым на участке доступа сетей электросвязи.

Содержание проведенной в последнее время в МСЭ-R работы, учитывающей вышеупомянутое развитие, может быть кратко изложено следующим образом:

- в Рекомендации МСЭ-R F.592 по терминологии был определен новый термин "система фиксированной беспроводной связи" вместо обычной "системы радиорелейной системы";

- было принято много новых или пересмотренных рекомендаций по размещению радиочастотных стволов в полосах частот, определенных на Всемирных конференциях радиосвязи для использования в HDFS, или в других полосах частот, используемых для систем ФБД (см. Рекомендации МСЭ-R F.1098, МСЭ-R F.1496, МСЭ-R F.1497, МСЭ-R F.1488, МСЭ-R F.748, МСЭ-R F.749, МСЭ-R F.1520, МСЭ-R F.1567 и МСЭ-R F.1568);
- оказывалось постоянное содействие проведению исследований по новым технологиям доставки, как например HAPS, которые могут быть также использованы для сетей доступа (см. Рекомендации МСЭ-R F.1500, МСЭ-R F.1501, МСЭ-R F.1569, МСЭ-R F.1607, МСЭ-R F.1608 и МСЭ-R F.1609);
- были проведены исследования по совместному использованию частот системами ФС и других служб (см. Рекомендации МСЭ-R F.1489, МСЭ-R F.1509, МСЭ-R F.1570, МСЭ-R F.1612 и МСЭ-R F.1670).

#### 4.2.1 Транспортные и транкинговые сети

Традиционные транспортные или транкинговые сети работают в полосах частот диапазона ниже 15 ГГц. Ввиду роста спроса на трафик многие поставщики услуг сегодня развертывают волоконно-оптические сети вместо строительства новых радиорелейных сетей с очень большой пропускной способностью (например, большей чем STM-1 СЦИ) или расширения таких существующих сетей. Можно предположить, что некоторые администрации в будущем будут меньше использовать для транспортных применений с очень большой пропускной способностью полосы частот, которые использовались для таких видов применений. Вероятнее всего, большинство администраций будут и далее использовать существующие транспортные сети, но не предполагают значительно расширять их, однако возможно повышение потребности в трафике, обусловленное необходимостью доступа в интернет, особенно в сельских районах.

Во многих случаях существующие полосы для радиорелейных сетей Р-Р малой, средней и большой пропускной способности будут и далее необходимы для работы растущего числа конкурирующих государственных и частных сетей электросвязи. Линии Р-Р низкой и средней пропускной способности для ближней связи играют важную роль для все большего числа организаций и корпораций, эксплуатирующих сети, которые не являются частью инфраструктуры государственной сети. Более того, предполагается более интенсивное использование систем низкой, средней и большой пропускной способности (несколько скачков или один скачок) для применений ближней связи, а также для сетей подвижной связи и транзитных сетей ФБД.

Дополнительным развивающимся применением является резервирование волоконно-оптических сетей, для реализации которого требуются системы фиксированной беспроводной связи (СФБС) очень большой пропускной способности. Вне зависимости от применения для эффективного использования спектра потребуются подготовка новых и гибких планов организации радиостволов.

#### 4.2.2 Использование ФС в сетях инфраструктуры ИМТ-2000

После того, как ВКР-2000 определила дополнительные полосы подвижной службе для сети ИМТ-2000, началось ее расширение во всемирном масштабе, которое обусловило спрос на спектр ФС для инфраструктуры сети. Часть инфраструктуры сети будет обеспечена системами оптической связи, и эта тенденция должна быть тщательно рассмотрена при развертывании будущих СФБС для этого применения.

Исследование показало, что к 2010 году требуемая пропускная способность передачи для линий доступа к отдельным базовым станциям (не находящимся внутри помещений) возрастет в несколько раз или более, по сравнению с необходимой для систем до ИМТ-2000. Более того, в соответствии с последними исследованиями, проведенными в МСЭ-R, целью является обеспечение поддержки потенциальным новым радиоинтерфейсом скорости до 50–100 Мбит/с в условиях подвижной связи в направлении нисходящего потока примерно к 2010–2015 годам (см. Рекомендацию МСЭ-R M.1645). Такая тенденция может привести к дальнейшему спросу на использование ФС для осуществления взаимного соединения различных уровней сетей ИМТ-2000.

Во многих администрациях работа транзитных применений сотовых систем до IMT-2000 обеспечивается микроволновыми средствами с низкой и средней пропускной способностью. Уже началось развитие сетей 3G, и предполагается использование полос частот, расположенных в пределах 4–57 ГГц. Кроме того, операторы подвижной связи рассматривают возможность использования систем Р-МР в целях обеспечения транзита. Вероятно, в будущем появится значительный спрос на новую инфраструктуру фиксированной беспроводной связи для обеспечения ускоренного развертывания новых базовых станций подвижной связи.

#### 4.2.3 Рассмотрение полос частот, используемых для систем ФБД

Системы и технологии ФБД включают:

- системы Р-Р, Р-МР, МР-МР;
- FDD и TDD;
- применения, в которых используется широкая полоса РЧ:
  - работают в полосах выше 20 ГГц;
  - полоса частот: 50–100 МГц на радиоканал или блок РЧ, несколько сотен МГц на систему.  
*Пример:* системы LMCS/LMDS или другие системы, обеспечивающие ШБД в городских районах и работающие в диапазонах около 22–28 ГГц, 38 ГГц и 42 ГГц;
- применения, в которых используется средняя полоса РЧ:
  - работают в диапазонах между 1 ГГц и 20 ГГц;
  - ширина полосы: 6–50 МГц на радиоканал или блок РЧ, несколько десятков или сотен МГц на систему.  
*Пример:* системы многопунктовой связи или другие системы, обеспечивающие беспроводный доступ на последнем километре в пригородных и сельских районах и работающие на частотах между 2 ГГц и 11 ГГц;
- применения, в которых используется узкая полоса РЧ в полосах частот, распределенных в настоящее время ФС:
  - работают в диапазонах ниже 1 ГГц<sup>1</sup>;
  - полоса частот: до 8 МГц на радиоканал или блок РЧ, несколько десятков МГц на систему.  
*Пример:* системы Р-МР и ячеистые системы беспроводного доступа, обеспечивающие возможность соединения с интернетом в сельских и отдаленных районах (в которых спектр ниже 1 ГГц используется в меньшей степени).

В Рекомендации МСЭ-R F.1401 рассматриваются возможные диапазоны частот для систем ФБД и исследования существующего совместного использования частот или результаты этих исследований. Этими диапазонами являются:

- 450 МГц, 800–900 МГц, 1,8/1,9 ГГц, 3,5 ГГц, 24/29 ГГц, 32 ГГц, 38 ГГц и 40 ГГц.

Общая ширина полос частот для ФБД, упоминаемая во многих Рекомендациях серии F, может быть резюмирована следующим образом:

- 623,5 МГц для диапазона частот 400 МГц – 3 ГГц, (24,0%)
- 700 МГц для диапазона частот 3–11 ГГц, (8,7%)
- 5 250 МГц для диапазона частот 11–30 ГГц, (27,6%)
- 10,82 ГГц для диапазона частот 30–70 ГГц, (27,0%)

<sup>1</sup> Ряд администраций использует полосы частот ниже 1,6 ГГц для предоставления возможности широкополосного соединения в сельской местности.

Следует отметить, что отмеченные выше значения ширины полосы не всегда доступны администрациям, и что ожидается сохранение заинтересованности в системах БФД во всемирном масштабе. Поэтому следует уделить внимание следующим вопросам:

- рассмотрение возможного спектра в полосах ниже 1 ГГц, распределенных в настоящее время ФС, для обеспечения работы систем ФБД в сельских и отдаленных районах;
- рассмотрение применений в полосах ФС (например, радиорелейной связи Р-Р /ФБД) между 3 ГГц и 11 ГГц;
- технические соображения по использованию ФС (включая системы ФБД) в диапазоне между 57 ГГц и 100 ГГц;
- использование оптической передачи в свободном пространстве для применений ФС.

#### **4.2.4 Возникающие применения**

В предстоящие несколько лет будет наблюдаться развитие ряда применений, таких как системы HDFS, NWA и локальные радиосети (RLAN).

Как было отмечено выше, ввиду конвергенции применений фиксированной и подвижной связи становится сложно различать эти два типа применений. Кочевые применения могут работать в полосах как фиксированной, так и в подвижной службы. В действительности, большинство полос, распределенных ФС, распределены также подвижной службе. Следовательно, это смягчает ограничения при осуществлении внедрения администрациями, поскольку работа может проводиться на внутригосударственной, двухсторонней или многосторонней основе.

В некоторых случаях, если того требует ситуация, одиночное оконечное устройство может самостоятельно выполнять переконфигурацию для работы в качестве фиксированной станции или подвижной станции, а сети могут признавать и учитывать такую адаптацию оконечного устройства. Например, оборудование, разработанное для ФС технически может быть использовано для удовлетворения потребностей в ШБД подвижной службы.

Другим аспектом, влияющим на тип электросвязи будущего, является конвергенция применений голосовой связи и передачи данных. Например, на рынке начали появляться такие продукты, как беспроводные ПЦС, которые включают не только средства передачи данных (например, электронная почта, просмотр веб-страниц), но и голосовой электросвязи. По мере развития в направлении использования беспроводных систем на основе пакетной передачи и IP, возможно включая передачу речи по протоколу Интернет, на рынке будет существовать больше продуктов таких видов.

#### **4.2.5 Краткое изложение будущей роли ФС и новых применений**

- Фиксированная служба устанавливает новое и большее присутствие в сети доступа. Поскольку стоимость абонентского оборудования продолжает снижаться благодаря работе по стандартизации, проводимой на уровне доступа к среде и физическом уровне, будет возрастать необходимость в более широком использовании ФБД и ШБД. Это открывает возможности для проведения глобальной технической стандартизации.
- Ряд традиционных радиорелейных полос в диапазоне ниже 15 ГГц может быть рассмотрен для использования в применениях ФБД/ШБД, отмечая, что вероятными кандидатами могли бы стать некоторые из этих полос, которые, возможно, совместимы с другими первичными службами.
- Многие полосы, распределенные ФС и используемые для применений Р-Р, в будущем будут нужны в этом качестве в целях удовлетворения потребностей в транзите для сетей IMT-2000 (и после IMT-2000), для сетей ФБД/ШБД и для транкинговых приложений ближней связи низкой, средней и высокой пропускной способности в государственных и частных сетях.
- Одним из вопросов для рассмотрения будет развитие возможных технологий для внедрения систем ФБД/ШБД, работающих на частотах ниже 1 ГГц, в пределах полос, распределенных в настоящее время ФС, для предоставления услуг широкополосной электросвязи в районах с высокой стоимостью обслуживания, обычно в отдаленных сельских районах мира.

### 4.3 Фиксированные системы с использованием HAPS

На прошлых ВКР были определены следующие полосы частот, распределенные ФС для использования системами с HAPS, соответствующими положениям соответствующих Резолюций РР:

- 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц (соответствуют Резолюции 122 (Пересм. ВКР-03)),
- 27,5–28,35 ГГц и 31,0–31,3 ГГц (для некоторых администраций, в соответствии с Резолюцией 145 (ВКР-03) и работающие на основе непричинения вредных помех и без обеспечения защиты).

В МСЭ-R были проведены исследования по техническим и эксплуатационным аспектам систем HAPS, а также по вопросам совместного использования частот и совместимости между HAPS и другими системами, включая обычные системы ФС. Результатом этих исследований стала разработка ряда Рекомендаций серии F (например, Рекомендаций МСЭ-R F.1500, МСЭ-R F.1501, МСЭ-R F.1569 и МСЭ-R F.1570). Кроме того, ВКР-03 обратилась с просьбой к МСЭ-R провести исследования остальных вопросов, определенных в перечисленных выше Резолюциях, к ВКР-07.

### 4.4 Тенденции использования полосы ФС в некоторых странах

#### 4.4.1 Влияние методов лицензирования на разработку оборудования ФС<sup>2</sup>

Лицензирование спектра является разрешением доступа к РЧ спектру, определенному на основе полосы частот и географической зоны. Получателям лицензий предоставляется набор технических условий, включая максимальную мощность передатчика, требования к координации операторов и, когда это применимо, условия совместного использования частот службами (например, маски излучения).

С другой стороны, лицензирование оборудования является средством, используемым некоторыми администрациями. При этом определяются тип услуги, который может предоставляться в соответствии с лицензией, а также условия, включая места расположения передатчиков, мощность и др. В будущем лицензирование оборудования будет проводиться и далее, поскольку не все полосы или применения подходят для лицензирования спектра. Однако может быть необходимо пересматривать правила лицензирования оборудования для учета новых интерфейсов, например сети Ethernet, для которых, возможно, требуются другие значения ширины полосы частот, и новых или развивающихся технологий, таких как радиосистемы Р-Р с использованием SDR или TDD. В случае SDR возможно будет необходимо разделить ответственность за соблюдение технических требований к обеспечению совместимости между поставщиком услуг и производителем.

В некоторых странах растущее число принятых полос общего пользования (на основе освобождения от лицензии) стало причиной появления множества новых потребительских продуктов и применений. Новый прогресс в развитии радиотехники обуславливает увеличение коммерческой заинтересованности в разработке продуктов, использующих такие полосы.

Используемый на основе освобождения от лицензии спектр применяется в ряде применений электросвязи, включая передачу данных на короткие расстояния и соединения беспроводных ЛВС/ТРС. Кроме того, многие поставщики услуг, включая ISP, начали использовать полосы около диапазонов 2,4 ГГц и 5 ГГц для предоставления высокоскоростного наземного фиксированного беспроводного интернета в пригородных, сельских и отдаленных общинах. В некоторых странах эти не требующие лицензирования полосы, в частности в диапазоне 5 ГГц, используются также для предоставления связи между базовыми станциями (транзитная связь). Небольшие провайдеры услуг электросвязи и частные пользователи сделали свой выбор в пользу использования не требующих лицензирования полос по ряду экономических, технических и логистических причин. Ряд администраций использует также диапазоны более высоких частот общего пользования, такие как 24 ГГц и 57/59 ГГц.

---

<sup>2</sup> Лицензирование (или освобождение от лицензирования) доступа к спектру является внутренним регуляторным вопросом.

В этих странах существует также повышенный спрос на широкополосную беспроводную связь с более высокой скоростью передачи данных. Для рассмотрения этих вопросов необходимо принять во внимание следующее:

- обеспечение дополнительного использования спектра не требующего лицензирования для исключительного или общего применения и предоставление лицензированного оборудования ФС и другим службам радиосвязи;
- использование методов, которые способствуют ослаблению помех.

#### **4.4.2 Рассмотрение применений**

Ввиду перегруженности многих участков спектра некоторые администрации рассматривают необходимость оптимизации использования спектра путем задействования применений, основанных на новых разрабатываемых или уже внедренных технологиях.

Метод управления растущей потребностью в спектре состоит в рассмотрении применений полосы частот, которая уже широко используется в некоторых странах. Метод позволяет национальному регулирующему органу аннулировать существующие использования отдельных полос и заново присваивать их потенциальным новым архитектурам и технологиям ФС. Изучается возможность нового использования некоторых полос радиорелейной связи в диапазоне 2–15 ГГц для удовлетворения предполагаемых потребностей в спектре для обеспечения расширения сети широкополосного и узкополосного доступа.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В качестве примера одна администрация сообщила о том, что к 2012 году она прекратит использовать в своей сети РРС диапазонов частот 4 и 5 ГГц в связи с тем, что эти полосы частот будут использоваться в наземных беспроводных системах для сетей доступа, включая системы после IMT-2000.

#### **4.4.3 Использование частот в направлении стандартизации РЧ интерфейсов**

Потребность в новых интерфейсах или величинах ширины полосы частот является возможностью для проведения стандартизации во всемирном масштабе. Например, интерфейсы Ethernet и скорости передачи данных в СЦИ/SONET одинаковы по всему миру.

В целях содействия развитию систем радиосвязи в ФС весьма желательно провести стандартизацию в мировом масштабе. В действительности, настойчивые международные усилия по достижению достаточного уровня стандартизации помогут обеспечить наличие недорогого оборудования.

ВКР-97 и ВКР-2000 признали эту особенность, и в РР был определен ресурс спектра для HDFS в размере около 12 ГГц в диапазонах выше 30 ГГц. Благодаря экономии за счет масштабов были достигнуты потенциальные преимущества по показателям затрат на оборудование путем сосредоточения систем HDFS в выделенных полосах. В области выше 30 ГГц существует резерв спектра, который определен для систем HDFS и может быть достаточным для соответствия существующим требованиям к системам ФБД на частотах выше 30 ГГц. В отношении области ниже 30 ГГц необходимы дальнейшие исследования, в частности в диапазонах 2–15 ГГц и ниже 1 ГГц, аналогичные проведенным для систем HDFS в диапазонах выше 30 ГГц. Также перед тем, как будут сделаны распределения для систем ФБД, потребуется тщательная оценка возможности совместного использования частот с другими службами в этих диапазонах более низких частот (например, с ФСС, ПСС и РСС).

#### **4.5 Исследования совместного использования частот с другими службами**

Фиксированная служба часто совместно использует частоты с другими службами, например с ФСС. В целях возможного исследования новых полос частот для систем ФС (включая ФБД), если того потребует ВКР, становится все более и более важным рассмотреть вопросы совместного использования частот ФС и другими службами.

В прошлом был проведен ряд исследований по совместному использованию частот ФС и другими службами, в частности с ФСС. Недавно были успешно завершены исследования по критериям совместного использования частот системами ФС в сети доступа и другими службами радиосвязи, результаты которых сведены в Таблицу 1.

ТАБЛИЦА 1

Краткое представление результатов исследования совместного использования частот ФС (включая ФБД) и другими службами

Другая служба, совместно использующая одну и ту же полосу с ФС	Полоса частот <sup>(1)</sup>	Рекомендация МСЭ-R
ФСС	3,4–3,8 ГГц	SF.1486
	37,5–42,5 ГГц	SF.1484, SF.1573
ПС	800/900 МГц	F.1402
	1,8/1,9 ГГц	F.1402, F.1518
РСС	1,4/1,5 ГГц	F.1338
РЛС	3,4–3,7 ГГц	F.1489
МС	24–27 ГГц	F.1249, F.1509
РНС	31,8–33,4 ГГц	F.1571
ССИЗ	5,25–5,35 ГГц	F.1613
РС	174–230, 470–862 МГц	F.1670

(1) Использование полос частот может различаться в разных Районах.

Методики, разработанные в вышеупомянутых Рекомендациях, могут использоваться в качестве полезного справочного материала, который применим для будущих исследований совместного использования частот в других полосах частот.

#### 4.6 Возможные будущие применения в ФС

##### 4.6.1 Использование полос более высоких частот

В дополнение к различным применениям, обсужденным в пп. 4.2 и 4.3, в частных сетях электросвязи будет возможно широко использовать беспроводные носители информации, т. е. локальные радиосети RLAN различного размера, в том числе в условиях помещений. Такие применения включают:

- линии, соединяющие сети RLAN, работающие в различных зданиях;
- линии, соединяющие базовые станции RLAN (точки доступа) с местной базовой сетью.

Полосы частот выше 70 ГГц могут также использоваться для этих и других применений. В МСЭ-R ведутся исследования характеристик систем ФС, работающих в диапазоне выше 57 ГГц.

Кроме того, в соответствии с новым Вопросом МСЭ-R по применениям ФС с использованием полос частот выше 3000 ГГц, проводятся также исследования по оптическим линиям фиксированной связи в свободном пространстве, с самого начала сконцентрированные на диапазоне 375–385 ТГц (длина волны 780–800 нм).

В целях определения требуемого размера ширины полосы спектра будет полезно использовать приведенную ниже методику, которая основана на Рекомендации МСЭ-R М.1390.

##### а) Основные соображения

- соображения географического порядка;
- соображения в отношении трафика.

##### б) Технические соображения и соображения в отношении системы

- число служебных каналов и скорость передачи данных по служебному каналу;
- пропускная способность системы.

Существует несколько факторов, которые влияют на пропускную способность системы ФС в плане отношения Мбит/МГц и характеристик развертывания:

- схема модуляции (многоуровневая модуляция: от 4 до 256 уровней);
- использование двойной поляризации;
- схема формирования волн;
- усовершенствованные характеристики антенн.

с) *Соображения в отношении результирующего спектра*

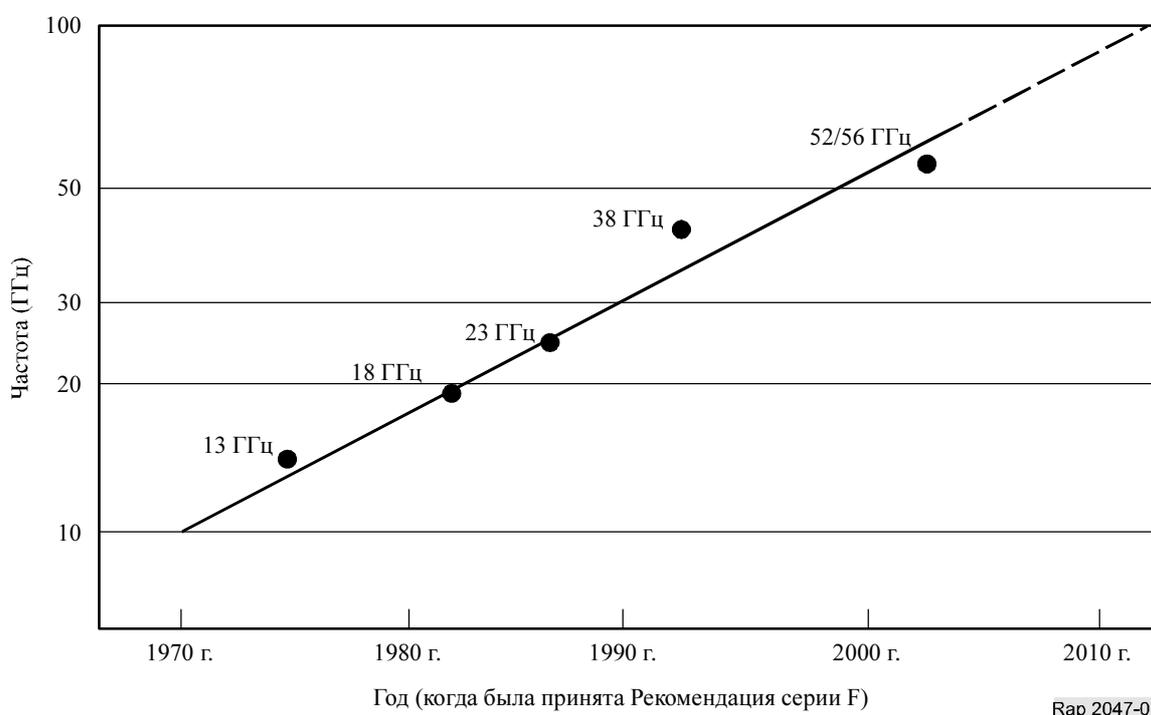
Общий необходимый спектр мог бы быть рассчитан с помощью следующего процесса:

- решение о пропускной способности системы на РЧ несущую для эффективного переноса предлагаемого трафика;
- расчет необходимой ширины полосы РЧ несущей;
- оценка числа РЧ несущих, размещаемых в полосе, с учетом схемы повторного использования частот.

Применение полос более высоких частот было ограничено состоянием технологического развития устройств беспроводной связи. Рисунок 1 иллюстрирует тенденцию использования полос более высоких частот фиксированной службой, которую можно проследить в Рекомендациях МСЭ-R серии F по размещению частот радиостволов.

РИСУНОК 1

**Использование полос более высоких частот в ФС**



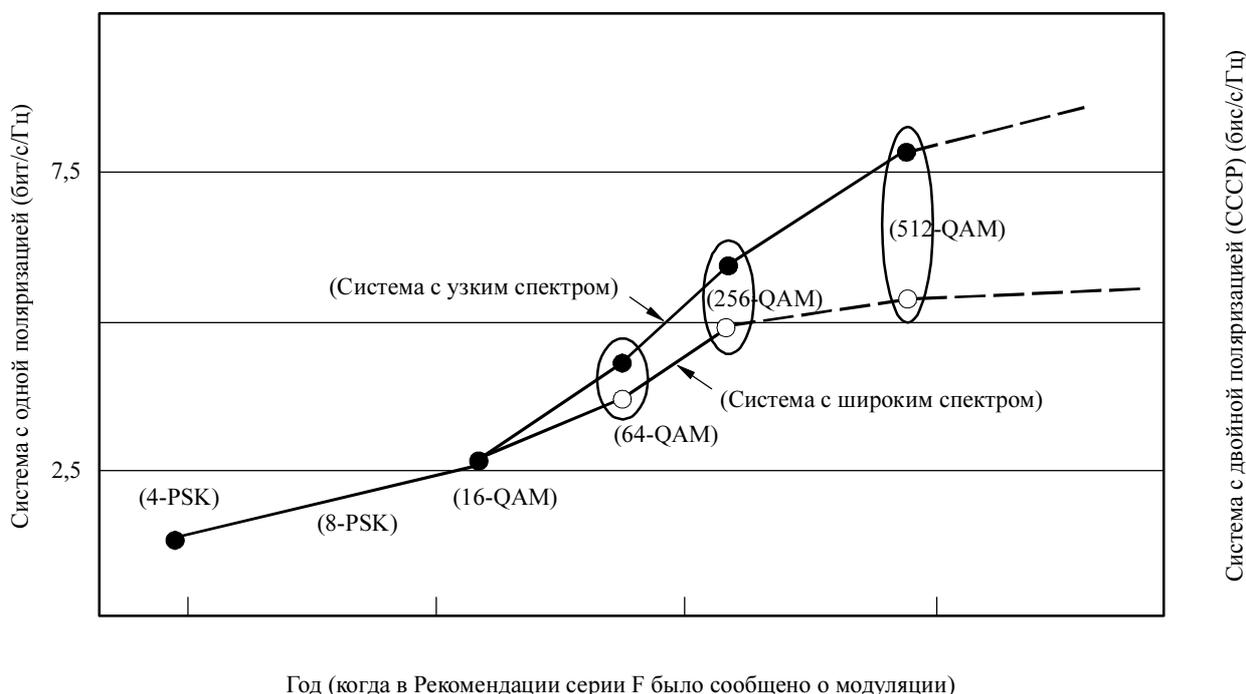
На основании этой тенденции можно предвидеть, что Рекомендации МСЭ-R серии F, в которых рассматриваются характеристики, планы размещения частот радиостволов и др. в диапазоне 57–100 ГГц, будут нужны до 2010 года.

#### 4.6.2 Эффективность использования частот

В СФБД могут применяться многопозиционные схемы модуляции для достижения высокой эффективности использования радиочастотного спектра. Эффективность использования частот в выражении бит/с/Гц касается не только многопозиционной модуляции, но и формирования спектра и использования двойной поляризации. С начала внедрения в восьмидесятых годах цифровых РРС с большой пропускной способностью СФБД значительно содействовали эффективному использованию спектра путем применения этих методов, как показано на Рис. 2. По оси абсцисс графика на Рис. 2 отложены года, в которые о каждой многопозиционной модуляции сообщалось в Рекомендациях МСЭ-R серии F по планам размещения частот радиостволов или в таблицах в Рекомендации МСЭ-R F.758 по параметрам систем для исследований совместного использования частот.

РИСУНОК 2

##### Повышение эффективности использования частот (бит/с/Гц) в ФС



Rap 2047-02

Из Рис. 2 следует, что, возможно, трудно предвидеть дальнейшее увеличение эффективности использования спектра. Поскольку будущие применения ФС сосредоточены на системах ФБД, в частности работающих в конфигурации Р-МР, потребуется другой фактор оценки эффективности использования частот, касающийся того, с какой плотностью можно было бы развертывать эти системы, и сколько радиостволов доступно в некоторых географических районах.

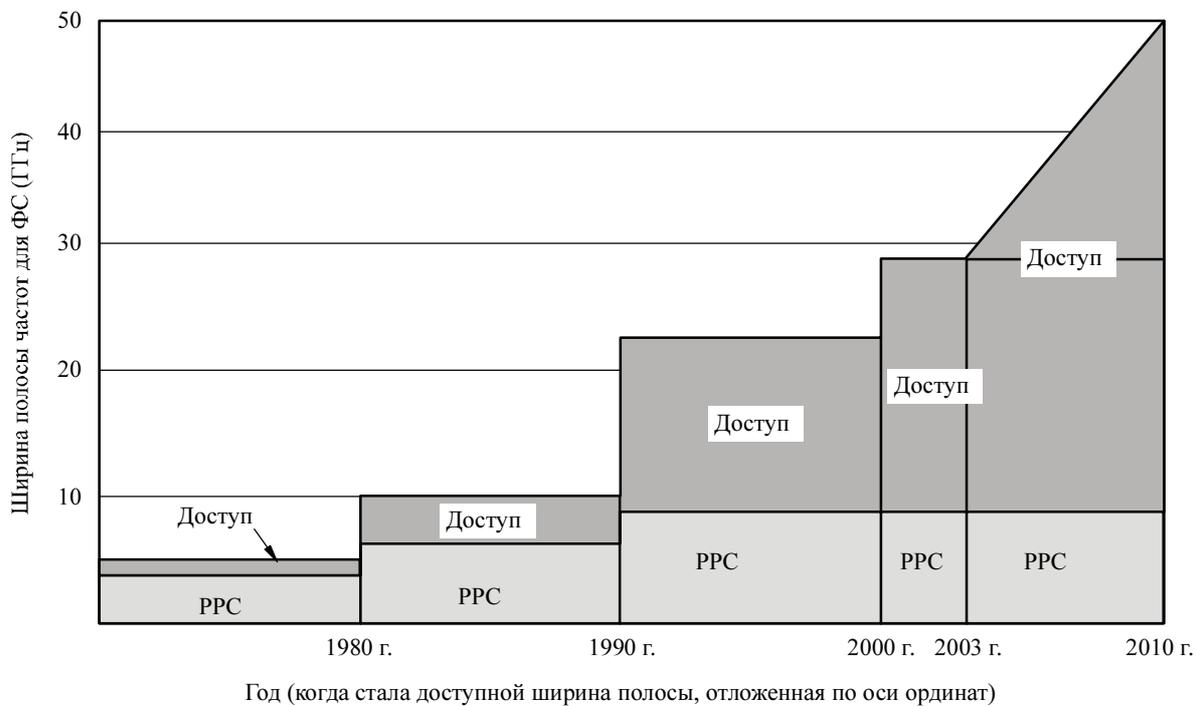
#### 4.6.3 Будущая роль систем ФБД

Как обсуждалось в п. 4.2, происходит повышение роли систем ФС в сетях электросвязи. Количественный анализ, демонстрирующий данную тенденцию, приведен на Рис. 3, который в общих чертах иллюстрирует величины ширины полосы частот, в частности имеющиеся для РРС или линий доступа (ФБД или транзитные линии). До 2003 года в целях упрощения данный анализ проводился следующим образом:

- все полосы частот считаются доступными для использования ФС, если о них сообщалось МСЭ-R и в Рекомендациях;
- полосы выше 3 ГГц и ниже 17 ГГц считаются используемыми для РРС;

- полосы ниже 3 ГГц и выше 20 ГГц считаются используемыми для линий доступа;
- полоса 17–20 ГГц (более точно 17,7–19,7 ГГц) считается используемой в равном отношении РРС и линиями доступа.

РИСУНОК 3  
Развитие применений ФС и будущие тенденции



Доступ: системы ФБД и транзитной связи и системы NAPS в некоторых странах

Rap 2047-03

После 2003 года было сделано следующее допущение: все полосы частот между 50 ГГц (самая высокая частота, упоминаемая в Рекомендациях МСЭ-R серии F) и 100 ГГц, которые распределены ФС, станут доступными при некоторых условиях обеспечения технической/эксплуатационной совместимости с другими службами. Данная тенденция, как и в прошедшие три десятилетия, возможно и далее сохранится до 2010 года. Предусматривается, что для применений ФС могут использоваться величины ширины полосы от 40 до 50 ГГц, что соответствует 50% от самой высокой имеющейся частоты (см. Рис. 1). Большинство из этих применений будут использоваться в сетях доступа, однако много полос все еще нужно для РРС (даже несмотря на то, что число требуемых полос РРС в целом может остаться неизменным).

## 6 Будущие вопросы, относящиеся к развитию применений ФС

Важные элементы будущих вопросов включают:

- технические разработки и их воздействие на различные применения ФС;
- основанная на трафике оценка требуемой ширины полосы частот для каждого применения;
- первоначальная оценка растущего спроса на системы беспроводного доступа, отличные от HDFS, для которых уже были определены доступные полосы (например, NAPS, ФБД/ШБД);
- резюмирование сценариев совместного использования частот в различных полосах для оценки того, можно ли рекомендовать развертывание ФС на всемирной основе в каждой полосе;
- вопросы плана размещения частот радиоканалов, в том числе на основе блоков частот;
- мировые и региональные тенденции и возможные различия;

- обзор радиочастотного спектра в диапазоне 2–100 ГГц (например, имеющаяся ширина полосы, требования к пропускной способности системы, схема повторного использования радиочастот, возможное совместное использование с другими службами):
  - в частности, технические соображения в отношении использования ФС в диапазоне 57–100 ГГц;
- обзор радиочастотного спектра в диапазоне 400 МГц–2 ГГц, в частности для ШБД в сельских и отдаленных районах (например, имеющаяся ширина полосы, требования к пропускной способности системы, схема повторного использования радиочастот, возможное совместное использование с другими службами);
- изучение методов дальнейшего повышения эффективности использования спектра (например, в выражении бит/с/Гц/км<sup>2</sup>).

### Справочные документы

Рекомендация МСЭ-R F.592:	Терминология, используемая для радиорелейных систем
Рекомендация МСЭ-R F.748:	Планы размещения частот радиочастот для систем фиксированной службы, действующих в диапазонах 25, 26 и 28 ГГц
Рекомендация МСЭ-R F.749:	Планы размещения частот радиочастот для систем фиксированной службы, действующих в диапазоне 38 ГГц
Рекомендация МСЭ-R F.757:	Основные системные требования и показатели качества для фиксированного беспроводного доступа с использованием методов, берущих начало в подвижных технологиях, который предлагает услуги телефонной связи и передачи данных
Рекомендация МСЭ-R F.758:	Принципы разработки критериев совместного использования частот наземной фиксированной службой и другими службами
Рекомендация МСЭ-R F.1098:	Планы размещения частот радиочастот для радиорелейных систем в полосе 1900–2300 МГц
Рекомендация МСЭ-R F.1249:	Максимальная эквивалентная изотропно излучаемая мощность передающей станции фиксированной службы, работающей в полосе 25,25–27,5 ГГц, которую она использует совместно со службой межспутниковой связи
Рекомендация МСЭ-R F.1338:	Пороговые уровни при определении необходимости координации между конкретными системами радиовещательной спутниковой службы (звук), расположенными на геостационарной орбите, ведущими передачи в направлении космос-Земля, и станциями фиксированной службы в полосе 1452–1492 МГц
Рекомендация МСЭ-R F.1399:	Словарь терминов по беспроводному доступу
Рекомендация МСЭ-R F.1400:	Требования к качеству и готовности для систем фиксированного беспроводного доступа к телефонной сети общего пользования с коммутацией каналов
Рекомендация МСЭ-R F.1401:	Соображения в отношении определения возможных полос частот для фиксированного беспроводного доступа и связанные с ними исследования совместного использования частот
Рекомендация МСЭ-R F.1402:	Критерии совместного использования частот сухопутными системами подвижного беспроводного доступа и системами фиксированного беспроводного доступа, использующими тот же тип оборудования, что система подвижного беспроводного доступа
Рекомендация МСЭ-R F.1488:	Распределение блоков радиочастот для систем фиксированного беспроводного доступа в диапазоне 3400–3800 МГц
Рекомендация МСЭ-R F.1489:	Методика оценки уровня эксплуатационной совместимости систем фиксированного беспроводного доступа и радиолокационных систем при совместном использовании полосы частот 3,4–3,7 ГГц

- Рекомендация МСЭ-R F.1496: Планы размещения частот радиостолов для систем фиксированного беспроводного доступа, работающих в полосе 51,4–52,6 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R F.1497: Планы размещения частот радиостолов для систем фиксированного беспроводного доступа, работающих в полосе 55,78–59 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R F.1500: Предпочтительные характеристики систем фиксированной службы, использующих высотные платформы, действующих в полосах частот 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R F.1501: Координационное расстояние для систем фиксированной службы, использующих станции на высотных платформах (HAPS), совместно использующих полосы частот 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц с другими системами фиксированной службы
- Рекомендация МСЭ-R F.1509: Технические и эксплуатационные требования, облегчающие совместное использование частот между системами "связь пункта со многими пунктами" в фиксированной и межспутниковой службе в полосе 25,25–27,5 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R F.1518: Методика определения требований к спектру для сетей фиксированного беспроводного доступа и подвижного беспроводного доступа, использующих один и тот же тип оборудования, когда они сосуществуют в одной полосе частот
- Рекомендация МСЭ-R F.1520: Планы размещения частот радиостолов для систем в фиксированной службе, действующей в полосе 31,8–33,4 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R F.1567: Планы размещения частот радиостолов для цифровых систем фиксированной беспроводной связи, работающих в полосе частот 406,1–450 МГц
- Рекомендация МСЭ-R F.1568: Планы размещения блоков радиочастот для систем фиксированного беспроводного доступа в диапазонах 10,15–10,3/10,5–10,65 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R F.1569: Технические и эксплуатационные характеристики фиксированной службы, использующей станции высотной платформы в полосах 27,5–28,35 ГГц и 31,0–31,3 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R F.1570: Воздействие передачи по линии вверх фиксированной службы, использующей станции высотной платформы спутниковой службы исследования Земли в полосе 31,3–31,8 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R F.1571: Методы ослабления, используемые для снижения потенциальных помех между станциями воздушных судов радионавигационной службы и станциями фиксированной службы в полосе 31,8–33,4 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R F.1613: Эксплуатационные требования и требования к развертыванию систем фиксированного беспроводного доступа (ФБД) фиксированной службы в Районе 3 для обеспечения защиты систем спутниковой службы исследования Земли (активной) и службы космических исследований (активной) в полосе 5250–5350 МГц
- Рекомендация МСЭ-R F.1670: Защита систем фиксированной беспроводной связи от систем наземного цифрового телевизионного и звукового вещания в совместно используемых диапазонах ОВЧ и УВЧ
- Рекомендация МСЭ-R M.1390: Методика расчета требований к спектру наземной системы IMT-2000
- Рекомендация МСЭ-R SF.1484: Максимально допустимые значения плотности потока мощности на поверхности Земли, создаваемой негеостационарными спутниками фиксированной спутниковой службы, работающей в полосе 37,5–42,5 ГГц, для защиты фиксированной службы
- Рекомендация МСЭ-R SF.1486: Методика совместного использования частот системами фиксированного беспроводного доступа фиксированной службы и терминалами с очень малой апертурой антенн в полосе 3400–3700 МГц

Рекомендация МСЭ-R SF.1573:	Максимально допустимые значения плотности потока мощности на поверхности Земли, создаваемой геостационарными спутниками фиксированной спутниковой службы, работающей в полосе 37,5–42,5 ГГц, для защиты фиксированной службы
Резолюция 122 (Пересм. ВКР-03):	Использование полос частот 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц стратосферными станциями (HAPS) в фиксированной службе и другими службами
Резолюция 145 (ВКР-03):	Возможное использование полос 27,5–28,35 ГГц и 31–31,3 ГГц стратосферными станциями (HAPS) фиксированной службы
Резолюция 802 (ВКР-03):	Повестка дня Всемирной конференции радиосвязи 2007 г.
Резолюция 803 (ВКР-03):	Предварительная повестка дня Всемирной конференции радиосвязи 2010 г.

---