

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R F.758-6
(09/2015)

**Параметры системы и принципы
разработки критериев совместного
использования частот или совместимости
цифровых систем фиксированной
беспроводной связи фиксированной
службы и систем других служб и
других источников помех**

Серия F
Фиксированная служба



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2017 г.

© ITU 2017

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R F.758-6*

Параметры системы и принципы разработки критериев совместного использования частот или совместимости цифровых систем фиксированной беспроводной связи фиксированной службы и систем других служб и других источников помех

(Вопрос МСЭ-R 252/5)

(1992-1997-2000-2003-2005-2012-2015)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации приведены принципы разработки критериев совместного использования частот для цифровых систем в фиксированной службе. В основном приводятся соображения о том, как надлежащим образом планировать ухудшения показателей качества и готовности, вызываемые влиянием помех, в рамках допустимых показателей согласно Рекомендации МСЭ-R F.1094, при различных условиях воздействия помех. В рассматриваемой Рекомендации также содержится информация о типовых технических характеристиках и системных параметрах совместного использования частот для цифровых фиксированных беспроводных систем в фиксированной службе в целях применения в исследованиях совместного использования частот выше 30 МГц. В тех случаях, когда в процессе анализа возникают вопросы, касающиеся совместного использования частот, за дополнительной информацией о конкретных фиксированных системах, развернутых администрациями, можно обратиться к Отчету МСЭ-R F.2108.

Ключевые слова

Фиксированная служба, критерии совместного использования частот, совместимость

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что необходимо установить критерии совместного использования частот фиксированной (ФС) и другими службами в полосах частот, распределенных этим службам на равных правах;
- b)* что совместным использованием частот можно управлять путем определения допустимых значений ухудшения качества и готовности фиксированных беспроводных систем (ФБС), вызванного помехами, создаваемыми другими службами радиосвязи, которым распределены на равных правах те же полосы частот, что и ФС;
- c)* что необходимо также принимать во внимание совместимость с системами других служб, имеющих распределение в той же полосе частот на вторичной основе; нежелательные излучения любых других систем служб, работающих вне рассматриваемой полосы частот, которые попадают в полосу, распределенную фиксированной службе на первичной основе; а также излучения от источников, отличных от радиослужб;
- d)* что необходимо разработать принципы для распределения ухудшения качества и готовности по всем элементам ФБС и между каждым источником помех;
- e)* что необходимо знать технические характеристики каждой службы для разработки критериев помех, соответствующих допустимому ухудшению качества и готовности ФБС;
- f)* что ухудшение качества и готовности может быть результатом воздействия как долговременных, так и кратковременных помех, а следовательно, должны быть разработаны критерии помех для обоих этих случаев;

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения 4-й, 6-й и 7-й Исследовательских комиссий по радиосвязи.

g) что наличие базовой методики разработки критериев совместного использования частот для ФС может быть полезным и для других исследовательских комиссий МСЭ-R,

отмечая,

a) что характеристики цифровых и аналоговых систем фиксированной связи, основанные на предыдущих версиях данной Рекомендации, приведены в Отчете МСЭ-R F.2108;

b) что в Рекомендации МСЭ-R F.1094 приведен общий принцип распределения показателей ухудшения качества и готовности ФС, связанного с помехами, создаваемыми другими службами или источниками,

рекомендует,

1 чтобы разработка критериев совместного использования частот и оценка условий воздействия помех между ФС и другими службами и другими источниками помех проводилась в соответствии с принципами, описанными в Приложении 1;

2 чтобы информация, приведенная в Приложении 2, рассматривалась как руководство по техническим характеристикам и типовым параметрам цифровых фиксированных беспроводных систем фиксированной службы (ФС), которые должны учитываться при разработке критериев совместного использования частот с другими службами;

3 что параметры систем в таблицах Приложения 3 могут использоваться в качестве дополнительной информации в отношении полос частот, для которых в Приложении 2 отсутствуют типовые параметры.

Приложение 1

Основные принципы разработки критериев совместного использования частот

1 Общие показатели качества

Одна из задач проектировщика систем радиосвязи состоит в разработке и реализации сети передачи, в которой обеспечиваются показатели качества, заложенные в документах МСЭ-T и МСЭ-R. Поэтому с учетом все возрастающего использования радиоспектра весьма важно, чтобы реальные системы удовлетворяли соответствующим проектным требованиям. Имеется целый ряд Рекомендаций МСЭ-R серии F, касающихся общих показателей качества для различных типов линий.

1.1 Показатели качества по ошибкам и готовности систем

1.1.1 Ссылки на Рекомендации МСЭ-T и МСЭ-R

Показатели качества по ошибкам для реальных цифровых линий фиксированной беспроводной связи, используемых на гипотетических эталонных цепях и соединениях длиной 27 500 км, приведены в Рекомендации МСЭ-R F.1668, *Показатели качества по ошибкам для реальных цифровых фиксированных беспроводных линий, используемых на гипотетических эталонных трактах и соединениях протяженностью 27 500 км*, основанной на Рекомендациях МСЭ-T G.826, МСЭ-T G.828 и МСЭ-T G.829. Это – единственная Рекомендация, в которой определяются показатели качества по ошибкам для всех реальных цифровых фиксированных беспроводных линий связи.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Применимость более ранних Рекомендаций МСЭ-R F.634, МСЭ-R F.696 и МСЭ-R F.697 ограничивается системами, разработанными до утверждения Рекомендации МСЭ-T G.826 (декабрь 2002 г.).

Показатели готовности для реальных цифровых линий фиксированной беспроводной связи, используемых на гипотетических эталонных цепях и соединениях длиной 27 500 км, приведены в Рекомендации МСЭ-R F.1703, основанной на Рекомендации МСЭ-T G.827. Это – единственная

Рекомендация, в которой определяются показатели готовности для всех реальных цифровых фиксированных беспроводных линий связи.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Применимость более ранних Рекомендаций МСЭ-R F.695, МСЭ-R F.696 и МСЭ-R F.697 ограничивается системами, разработанными до утверждения Рекомендации МСЭ-R F.1703 (январь 2005 г.).

Большинство новых применений предназначено для систем, в которых используется один или несколько пролетов (например, для транзитной сети сотовой связи или для соединения удаленных областей с сетями столичного региона). Тем не менее защита от помех в каждом пролете должна основываться на упомянутых выше Рекомендациях.

1.1.2 Временная основа для проведения оценки

1.1.2.1 Общие принципы

Оценка готовности производится на временной основе в один год, установленной МСЭ-T (G.827), и не зависит от действующей транспортной среды.

Оценка качества по ошибкам производится на временной основе в один месяц, установленной МСЭ-T (G.826), и не зависит от действующей транспортной среды. В частности, поскольку условия распространения радиоволн характеризуются значительной изменчивостью, зависящей от времени года и климата, то предполагается, что соответствующие показатели должны соблюдаться в течение худшего месяца (эта концепция подробно рассматривается в Рекомендации МСЭ-R P.581).

При необходимости, в целях прогнозирования может быть выполнено преобразование статистических данных за год в данные за худший месяц, которое рассматривается в Рекомендации МСЭ-R P.841.

В том случае, если линии радиосвязи подвергаются воздействию помех от какого-либо источника, в общих оценках качества по ошибкам и готовности дополнительно учитывается влияние помех в пределах соответствующей временной основы, упомянутой выше.

Следует отметить, что понятия "долговременная" и "кратковременная" помеха (см. пп. 4.1 и 4.2 настоящего Приложения 1) напрямую не связаны с "месячной" или "годовой" временными основами. Оба вида помех, в зависимости от их изменчивости во времени и по уровню, могут, в принципе, влиять на "показатели качества по ошибкам" (на месячной основе), но только помеха длительностью более 10 последовательных секунд может повлиять на "готовность" (на годовой основе) систем ФС.

Последнее соображение относится, как правило, к долговременным помехам, но в особых случаях речь может идти также о кратковременных помехах.

1.1.2.2 Практические применения

В соответствии с приведенными выше принципами, в случае возникновения вопроса о совместном использовании частот или совместимости с системами ФС, необходимо проводить различные исследования по раздельной оценке влияния помех на готовность ФС (на годовой основе) и качество по ошибкам ФС (на месячной основе).

Однако на практике бывают случаи, когда проведение обоих видов исследований не является необходимым, так как предполагается естественное наличие желательных и нежелательных трасс.

В частности, когда на объект ФС воздействует постоянная помеха, (например, от космической станции на геостационарной орбите), как правило, предполагается, что допустимый уровень помехи должен быть достаточно низким для того, чтобы не оказывать воздействия на пороговое значение готовности системы ФС на годовой основе. В этом случае, при обеспечении надлежащего уровня ухудшения готовности ФС, как правило, предполагается, что любое связанное с этим ухудшение "качества по ошибкам" будет находиться в допустимых пределах (в любом месяце), и никаких специальных исследований не потребуется.

Напротив если помеха, влияющая на объект воздействия ФС, относительно быстро изменяется (например, от космической станции на негеостационарной орбите), то, как правило, предполагается, что в связи с некоррелированными желательными и нежелательными трассами допустимый уровень помех может быть выше, и таким образом, ухудшение "качества по ошибкам" будет преобладать над возможным ухудшением показателя "готовности". В этом случае исследование ухудшения "качества

по ошибкам" должно проводиться на основе "худшего месяца" (см. пример, приведенный в Рекомендациях МСЭ-R F.1108 и МСЭ-R F.1495).

В принципе предполагается, что когда изменчивость помехи уменьшается (квазистатистические состояния), может существовать порог скорости, при котором ухудшения как "готовности", так и "качества по ошибкам" подвергаются воздействию в равной степени. В подобных случаях следует проводить специальные исследования для обоих вариантов на соответствующей каждому из них временной основе.

2 Разделение показателей качества и готовности

В предыдущем разделе рассматривались общие показатели качества для цифровых эталонных соединений. Однако на практике существует большое количество потенциальных источников помех, вызывающих ухудшение показателей качества систем фиксированной беспроводной связи. Для того чтобы перейти к какому-либо практическому методу планирования, необходимо распределить общие показатели качества между отдельными участками всех гипотетических эталонных соединений (ГЭС) и гипотетических эталонных цепей (ГЭЦ). Затем в пределах того или иного участка показатели качества разделяются пропорционально между различными источниками помех.

2.1 Разделение показателей качества по ошибкам и готовности участка

Данная проблема рассмотрена в Рекомендации МСЭ-R F.1094, *Максимально допустимые ухудшения показателей качества по ошибкам и готовности цифровых фиксированных беспроводных систем, вызываемые радиопомехами от излучений, создаваемых другими источниками*. Допустимое ухудшение показателей качества подразделяется на следующие компоненты: $X\%$ – доля, вносимая ФС, $Y\%$ – ухудшение из-за совместного использования частот, распределенных на первичной основе, и $Z\%$ – доля, приходящаяся на все остальные источники помех (следует отметить, что $X\% + Y\% + Z\% = 100\%$), при этом X , Y и Z обычно равны 89%, 10% и 1%, соответственно. Возможно дальнейшее разделение допустимого значения $X\%$ в соответствии с местными условиями: это должно быть осуществлено таким образом, чтобы обеспечивать соответствие с качеством обслуживания (см. п. 4.1.3).

Следует особо отметить, что источник помех (например, передатчик Tx) может оказывать влияние на несколько пролетов системы.

2.2 Разделение показателей ухудшения качества и готовности по различным службам

В процессе определения критериев совместного использования частот с другими службами, работающими на равной первичной основе, может оказаться необходимым рассмотреть разделение показателей качества по ошибкам (ЕРО) и показателей качества по готовности (АРО) для кратковременных и долговременных помех (см. вводную часть раздела 4). Кроме того, следует учитывать следующие пункты:

- a) Для полосы частот, совместно используемой ФС и одной из служб радиосвязи на первичной основе, ухудшение качества/готовности $Y1\%$ ФС, вызываемое помехами от других служб, не должно превышать 10% от величины показателя согласно Рекомендации МСЭ-R F.1094.
- b) После того как установлены критерии совместного использования частот с первой службой, работающей на равной первичной основе, ухудшение качества/готовности $Y2\%$ ФС, вызванное помехами от другой службы на равной первичной основе, работающей в той же полосе частот, может быть вычислено следующим образом:
 - среда с воздействием множества помех, создаваемых обеими службами, должна быть тщательно изучена, особенно для случая, когда воздействие помех приводит к допустимому предельному значению $Y1\%$ и одновременно к приему дополнительных мешающих сигналов от второй службы на равной первичной основе;
 - затем можно вычислить предельное значение $Y2$ с помощью типовой модели помех для ФС и второй службы на равной первичной основе, учитывая также потенциальное влияние первой службы на равной первичной основе в данной модели.

3 Характеристики помех

Необходимо обладать информацией об уровнях помех от других служб, которые в определенной степени могут ухудшить показатели качества системы. Эта задача упростилась бы, если бы при содействии других исследовательских комиссий была составлена таблица, содержащая информацию о характеристиках излучений.

Должны учитываться две категории помех:

- в исследованиях совместного использования частот: помехи, создаваемые службами, совместно использующими ту же полосу частот на первичной основе; эти помехи, вероятнее всего, будут находиться в полосе пропускания приемника (Rx) в результате воздействия либо непрерывного, либо импульсного излучения при цифровой модуляции. По данному вопросу можно сделать ссылки на существующие тексты в Рекомендациях МСЭ-R серий F и SF (например, Рекомендация МСЭ-R SF.766);
- в исследованиях совместимости: излучения от систем, отличных от тех, которые совместно используют ту же полосу частот на первичной основе; эти помехи могут быть многочисленными и разнообразными, вызываться непрерывными или импульсными и/или дискретными излучениями, и при рассмотрении могут быть приравнены к побочным излучениям. Такого рода излучения могут вызываться системами/применениями, работающими в той же полосе частот на вторичной основе, а также нежелательными излучениями от систем, работающих в других полосах частот.

В конечном счете при содействии других исследовательских комиссий по радиосвязи можно подготовить еще одну таблицу, в которой сравнивались бы уровни помех или гауссова шума, необходимые для того, чтобы вызвать определенное ухудшение показателей качества канала.

4 Соображения по допустимым ухудшениям качества/готовности вследствие влияния помех и по соответствующим критериям помех

Методы, характеризующие уровни помех, создаваемых наземным системам фиксированной беспроводной связи (ФБС), включают методы учета плотности потока мощности (п.п.м.), уровня мощности на входе антенны или уровня мощности на входе приемника. Следует отметить, что все эти методы используются в Рекомендациях МСЭ-R серий F и SF.

Как правило, мощность сигнала, принимаемого от источника помех, непостоянна, и изменяется в связи с изменяющимися условиями распространения трассы или перемещением источника помехи. Что касается условий распространения, то наибольшее значение имеют волноводное распространение и тропосферное рассеяние. Условия распространения, включая замирание вследствие многолучевого распространения, замирание в дожде и дифракционное замирание, также могут вызывать изменения принимаемой мощности полезного сигнала (замирание в системе), в связи с чем система должна обладать надлежащим запасом на замирания. Изменения принимаемой мощности полезного и мешающего сигналов могут быть или не быть коррелированными в зависимости от полосы частот и расположения источника помех.

В целях упрощения анализа помех отдельно рассматриваются кратковременные помехи, причем данный термин используется для описания наибольших уровней мощности помехи, возникающих в течение менее чем 1 процента времени, и долговременные помехи, к которым относятся остальные участки распределения мощности помех.

Когда основной сигнал затухает, время, в течение которого не соблюдается пороговое значение качества, в процентном отношении немного увеличивается в связи с наличием мощности помехи при замирании сигнала вблизи порогового значения. При рассмотрении помехи в данных условиях применяется термин "долговременная помеха". Долговременная помеха вызывает ухудшение качества по ошибкам и готовности системы за счет снижения запаса на замирания, который служит для защиты систем связи фиксированной службы от замирания. В исследованиях, посвященных совместному использованию частот и совместимости, долговременная помеха обычно характеризуется как мощность помехи на входе приемника, которая превышает в течение 20% времени. Данный уровень

мощности используется в таблицах 2, 3А и 3В в нижеследующих пп. 4.1.1 и 4.1.2. Проценты времени, применяемые к критериям защиты, см. в п. 1.1.2.

Кратковременную помеху необходимо учитывать отдельно, так как мощность помехи может быть достаточно высока для создания ухудшения даже в том случае, если полезный сигнал не затухает. Такого рода помехи, как правило, возникают достаточно редко, и в тех случаях, когда небольшая длительность помехи является приемлемой. Критерий кратковременной помехи устанавливается на основе мощности помехи, требуемой для того, чтобы вызвать определенный дефект качества по ошибкам (такой как секунда с ошибкой) в том случае, если полезный сигнал не является затухающим. Данный подход применяется в Приложении 7 Регламента радиосвязи и Рекомендациях МСЭ-R SM.1448, МСЭ-R F.1494, МСЭ-R F.1495, МСЭ-R F.1606, МСЭ-R F.1669 и МСЭ-R SF.1650.

В связи с тем, что допустимые дефекты качества по ошибкам могут возникать лишь в относительные интервалы времени, намного меньшие, чем 1% времени, и если при этом должны соблюдаться показатели качества по ошибкам, при изучении кратковременных помех необходимо точно знать мощность помехи, которая превышает в относительные интервалы времени, намного меньшие, чем 1 процент. Критерий помехи для заданного дефекта качества по ошибкам определяется уровнем мощности (относительно шума приемника) и процентом времени, характерным для данного дефекта.

Как показывают исследования, посвященные совместному использованию частот и совместимости, в тех полосах частот, где замирание вследствие многолучевого распространения является преобладающим фактором ухудшения условий распространения сигналов для приемников ФС (главным образом в полосах частот ниже примерно 15 ГГц), замирания на трассах распространения полезного сигнала и помех не коррелируются между собой. Для этих условий в Рекомендации МСЭ-R F.1108 представлен метод частичного ухудшения качества (FDP), согласно которому целесообразно использовать среднюю величину мощности помехи в качестве критического значения мощности долговременной помехи. Однако в приведенном расчете при определении средней мощности следует исключать те периоды времени, в которые уровни мощности помехи превышают предельное значение, используемое в качестве критерия кратковременных помех. (В Рекомендации МСЭ-R F.1108 приведен соответствующий пример, применимый к НГСО).

В тех полосах частот, где доминирующим фактором является дождь, применение метода FDP при рассмотрении долговременных помех нецелесообразно по двум причинам: 1) распределение замираний полезного сигнала не должно зависеть от распределения принимаемой мощности помех, так что их совместная плотность распределения может быть представлена как произведение отдельных плотностей распределения; 2) процент времени, в течение которого глубина замирания полезного сигнала превышает, должен быть уменьшен в 10 раз на 10 дБ увеличения глубины замирания. Такая характеристика замирания вследствие многолучевого распространения отмечается в Рекомендации МСЭ-R P.530. Считается, что для этих полос частот достаточно обеспечить, чтобы выполнялись все требования к ухудшению качества по ошибкам и готовности, относящиеся к долговременным помехам, используя уровень изменяемой во времени помехи, представляющий определение 20% времени в качестве критерия долговременной помехи, а также, чтобы распределение мощности помех отвечало критериям ухудшения качества по ошибкам, разработанным для кратковременных помех. Уровни мощности помехи в диапазоне значений, относящихся к процентам времени, заданным в качестве критериев кратковременных помех (< 1% времени) и долговременных помех (> 20% времени), могут быть вычислены для каждого случая отдельно, но в подобных обстоятельствах следует также учитывать наличие уровней мощности помех, которые ниже ожидаемых уровней для 20% времени.

Если речь идет об импульсных или дискретных излучениях, создающих помехи в течение длительного времени, то их влияние на системы связи фиксированной службы должно определяться на основе механизма взаимодействия в отношении помех, а не по характеристикам рабочего цикла мешающего сигнала. (Например, излучение РЛС с рабочим циклом менее 1% должно оцениваться как долговременная и/или кратковременная помеха, в зависимости от ситуации.)

Количество и значения критериев, необходимых для защиты системы фиксированной беспроводной связи от помех, зависит от характеристик системы фиксированной беспроводной связи и источника помех. Для помех, изменяющихся во времени, единственного критерия помехи может оказаться недостаточно; в некоторых Рекомендациях определены два или три значения, соответствующие долговременным (20% времени) и кратковременным (< 1% времени) помехам.

Следует отметить, что в связи с жесткими требованиями к показателям качества по ошибкам помехозащищенность ухудшается на очень короткое время.

Количество критериев кратковременных помех соответствует количеству критериев качества по ошибкам, отвечающих требованиям сценария совместного использования частот. Точное значение процента времени, связанного с критерием кратковременной помехи, соответствует показателю качества рассматриваемой системы; более подробная информация по выполнению показателей кратковременных помех содержится в Рекомендациях МСЭ-R F.1494, МСЭ-R F.1495 и МСЭ-R F.1606, в каждой из которых рассматриваются критерии защиты, применимые к изменяющимся во времени помехам.

В таблице 1 приведен список справочных документов, в которых затрагиваются показатели качества/готовности и вопросы совместного использования частот службами ФС и другими первичными службами в контексте создания помех службам ФС.

Показатели качества по ошибкам и готовности должны соблюдаться независимо от того, относятся они к долговременным или кратковременным помехам.

ТАБЛИЦА 1

Рекомендации МСЭ-R, в которых затрагиваются вопросы совместного использования частот между службами ФС и другими первичными службами

Рекомендация МСЭ-R	Название
F.1094	Максимально допустимое ухудшение показателей качества по ошибкам и готовности цифровых фиксированных беспроводных систем, возникающее вследствие радиопомех от излучений и радиации других источников
F.1108	Определение критериев защиты приемников фиксированной службы от излучений космических станций, работающих на негеостационарных орбитах в совместно используемых полосах частот
F.1334	Критерии защиты систем фиксированной службы, работающих в одной полосе частот диапазона 1–3 ГГц, с сухопутной подвижной службой
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
F.1494	Критерии помех для защиты фиксированной службы от изменяющихся во времени совокупных помех со стороны других служб, совместно использующих полосу 10,7–12,75 ГГц на равной первичной основе
F.1495	Критерии помех для защиты фиксированной службы от изменяющихся во времени совокупных помех со стороны других служб радиосвязи, совместно использующих частоты в полосе 17,7–19,3 ГГц на равной первичной основе
F.1565	Ухудшение качественных показателей реальных цифровых фиксированных беспроводных систем, применяемых на международных и внутренних участках гипотетического эталонного тракта протяженностью 27 500 км и работающих на основной и более высоких скоростях, из-за помех от других служб, совместно использующих те же полосы частот на равной первичной основе
F.1606	Критерии помех для защиты систем фиксированных беспроводных систем от изменяющихся во времени совокупных помех, создаваемых негеостационарными спутниками других служб, совместно использующих на равной первичной основе полосы частот 37–40 ГГц и 40,5–42,5 ГГц
F.1668	Показатели качества по ошибкам для реальных цифровых фиксированных беспроводных линий, используемых в гипотетических эталонных трактах и соединениях протяженностью 27 500 км
F.1669	Критерии помех для фиксированных беспроводных систем, действующих в полосах 37–40 ГГц и 40,5–42,5 ГГц, в отношении спутников на геостационарной орбите

Рекомендация МСЭ-R	Название
F.1670	Защита систем фиксированной беспроводной связи от систем наземного цифрового телевизионного и звукового вещания в совместно используемых диапазонах ОВЧ и УВЧ
F.1703	Показатели готовности для реальных цифровых радиорелейных линий, используемых на гипотетических эталонных трактах и соединениях длиной 27 500 км
F.1706	Критерии защиты для фиксированных беспроводных систем связи "точка-точка", совместно использующих ту же полосу частот с передвижными системами беспроводного доступа в диапазоне 4–6 ГГц
SF.1006	Определение возможности помех между земными станциями фиксированной спутниковой службы и станциями фиксированной службы
SF.1650	Минимальное расстояние от базисной линии, за пределами которой перемещаемые земные станции, которые размещаются на борту судов, не будут создавать неприемлемых помех наземным службам в полосах частот 5925–6425 МГц и 14–14,5 ГГц

4.1 Долговременные помехи

В Рекомендации МСЭ-R F.1094 изложены основные принципы для разделения показателей качества по ошибкам (ЕРО) и показателей готовности (АРО).

В данном разделе рассматривается взаимосвязь между следующими двумя показателями а) и б), при этом исключены аспекты, относящиеся к кратковременным помехам:

- а) Ухудшение качества по ошибкам (ЕР) или показателей готовности (АР) вследствие помех, создаваемых службами на равной первичной основе, величина которого четко определена как 10% в Рекомендации МСЭ-R F.1094 (а также в Рекомендации МСЭ-R F.1565).
- б) Ухудшение запаса на замирания вследствие воздействия помех, которое рассчитывается напрямую из значения (I/N) как $10 \log ((N + I)/N) = 10 \log ((1 + (I/N)))$ (дБ).

Следует отметить, что отношение I/N , как правило, определяется на основе средней (среднеквадратической) мощности как шума, так и помехи; однако если речь идет об импульсных или дискретных излучениях, создающих помехи в течение длительного времени, то отношение их пиковой мощности к средней может играть значительную роль при определении критериев защиты.

Когда отношение пиковой мощности к средней значительно возрастает, а полоса пропускания приемника фиксированной службы становится весьма широкой, может возникнуть необходимость учета показателя I/N на основе пикового уровня помехи, интегрированной по всей полосе пропускания объекта воздействия помех, для правильной оценки снижения запаса на замирания, обусловленного влиянием помех. Справочная информация о воздействии помех с высокими пиковыми значениями и критерии защиты приведены в Рекомендации МСЭ-R F.1097 для помех РЛС, а в Рекомендации МСЭ-R SM.1757 и дополнительно более подробно в Отчете МСЭ-R SM.2057 для помех UWB-SRR (сверхширокополосных РЛС малого радиуса действия).

В следующих разделах приведены руководящие указания для наиболее распространенных случаев, в которых целесообразно использовать среднюю (среднеквадратическую) мощность помех.

4.1.1 Влияние снижения запаса на замирание в полосах частот, в которых преобладающим фактором является многолучевое распространение

В тех случаях, когда качество цифровых систем в основном определяется замираниями вследствие многолучевого распространения (например, на частотах ниже примерно 17 ГГц), дополнительное воздействие совокупной помехи, уровень которого на 10 дБ ниже порога системного шума, вызывает увеличение на 10% периода времени, в течение которого отношение несущая/шум плюс помеха $(C/(N + I))$ в системе находится ниже критического значения. При определении ухудшения качества необходимо также учитывать любые временные характеристики воздействия помех на работу ФС с учетом показателей качества по ошибкам.

Кроме того, следует отметить, что многие системы фиксированной беспроводной связи (ФБС) используют пространственно-разнесенный прием в полосах частот, в которых многолучевое распространение оказывает преобладающее влияние, и что для принимаемой мощности в системах, использующих разнесение, должно применяться более умеренное распределение, чем замирание Рэлея. Поэтому подобного рода системы позволяют добиться такого же качества, что и системы, не использующие пространственное разнесение, но обладают намного меньшим запасом на замирания. Одно и то же снижение запаса на замирания будет оказывать большее воздействие на системы с пространственно-разнесенным приемом, что приведет к снижению качества по ошибкам примерно в два раза. В таблице 2 показана взаимосвязь между ними для трех значений (I/N).

ТАБЛИЦА 2

Снижение качества по ошибкам вследствие многолучевого замирания

Отношение уровня помехи к тепловому шуму приемника (дБ)	Результирующее снижение запаса на замирания (дБ)	Результирующее снижение качества по ошибкам (Примечание 1)	
		Системы, не использующие пространственное разнесение	Системы, использующие пространственное разнесение
-6	1	25%	50%
-10	0,5	10%	20%
-13	0,2	5%	10%

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Учитываются многолучевое замирание, подчиняющееся распределению Рэлея, и влияние типового пространственного разнесения. Цифры будут различаться для различных видов распределения замираний.

4.1.2 Влияние снижения запаса на замирание в полосах частот, в которых преобладающим фактором являются атмосферные осадки

При наличии атмосферных осадков взаимосвязь между:

- а) ухудшением показателей готовности вследствие влияния помех; и
- б) снижением запаса на замирания вследствие влияния помех,

неочевидна, поскольку распределение ослабления в дожде меняется в зависимости от многих параметров, например частоты радиосигнала, зоны выпадения осадков, длины линии связи, определенных показателей готовности и т. д.

Использование типовых параметров и вероятностных распределений приводится в Рекомендации МСЭ-R P.530, примеры результатов расчетов даны в таблицах 3А и 3В, в каждой из которых показана взаимосвязь между значением (I/N) и результирующим ухудшением показателей готовности для линии с длиной пролетов 6 км и 3 км, соответственно. Цифры в таблицах 3А и 3В можно интерпретировать, например, таким образом, что если номинальный запас 42,9 дБ уменьшается на 1 дБ (до 41,9 дБ), то показатель готовности линии, определенный при коэффициенте неготовности 0,001% в отсутствие помехи, увеличивается до 0,001085% (на 8,5%) при наличии помехи.

Общее замечание заключается в том, что результирующее ухудшение показателей готовности более значительно в системах с меньшим номинальным запасом на замирания. При определении критерия совместного использования частот на основе значения (I/N) разработчикам систем следует учитывать все соответствующие параметры, включая информацию о распространении радиоволн.

Следует отметить, что примеры расчетов результирующих показателей ухудшения готовности и снижения запаса на замирания, приведенные в таблицах 3А и 3В, основаны на некоррелированном замирании в дожде. Если учитывать влияние коррелированного замирания в дожде, то результирующие цифры могут быть более низкими. Пример такого воздействия приводится в Рекомендации МСЭ-R F.1669.

ТАБЛИЦА 3А

Ухудшение показателей готовности вследствие замирания в дожде
(Частота радиосигнала: 23 ГГц, длина линии: 6 км)

Режим погоды (Интенсивность дождя, превышаемая в течение 0,01% времени)	Уровень помехи относительно теплового шума приемника (дБ)	Результитрующее снижение запаса (дБ)	Заданные показатели готовности без помех: коэффициент неготовности 0,01%		Заданные показатели готовности без помех: коэффициент неготовности 0,001%	
			Номинальный запас (дБ)	Результитрующее ухудшение готовности	Номинальный запас (дБ)	Результитрующее ухудшение готовности
32 мм/ч	–6	1	20,1	14,6%	42,9	8,5%
	–10	0,5	20,1	7,0%	42,9	4,2%
	–13	0,2	20,1	2,8%	42,9	1,7%
22 мм/ч	–6	1	13,8	22,0%	29,6	12,6%
	–10	0,5	13,8	10,3%	29,6	6,1%
	–13	0,2	13,8	4,0%	29,6	2,4%

ТАБЛИЦА 3В

Ухудшение показателей готовности вследствие замирания в дожде
(Частота радиосигнала: 23 ГГц, длина линии: 3 км)

Режим погоды (Интенсивность дождя, превышаемая в течение 0,01% времени)	Уровень помехи относительно теплового шума приемника (дБ)	Результитрующее снижение запаса (дБ)	Заданные показатели готовности без помех: коэффициент неготовности 0,01%		Заданные показатели готовности без помех: коэффициент неготовности 0,001%	
			Номинальный запас (дБ)	Результитрующее ухудшение готовности	Номинальный запас (дБ)	Результитрующее ухудшение готовности
32 мм/ч	–6	1	11,2	27,8%	24,1	15,7%
	–10	0,5	11,2	12,7%	24,1	7,5%
	–13	0,2	11,2	4,8%	24,1	2,9%
22 мм/ч	–6	1	7,6	44,3%	16,3	24,2%
	–10	0,5	7,6	19,5%	16,3	11,4%
	–13	0,2	7,6	7,2%	16,3	4,5%

4.1.3 Дополнительное совместное влияние теплового шума приемника и шума помехи

Расчеты, приведенные в таблицах 2 и 3 предыдущих разделов, базируются на уровне мощности, определенном как "тепловой шум приемника". На практике эталонный уровень должен представлять собой эффективный уровень шума, включающий все компоненты шума в приемной системе, а также ожидаемый уровень помехи в зоне действия фиксированной службы, как в элементе X, определенном в Рекомендации МСЭ-R F.1094. Следует иметь в виду, что помехи от других служб также будут базироваться на этом эффективном уровне. Таким образом, увеличение ожидаемого уровня помехи от той же самой службы понижает возможности ухудшения показателей, допустимого для заданного уровня мощности помех от других служб.

4.1.4 Снижение качества по ошибкам и ухудшение показателей готовности в многопролетных линиях

В Рекомендации МСЭ-R F.1565 для каждого участка ГЭЦ определяется снижение качества по ошибкам реальной системы ФБС, вызванное воздействием помех от других служб на равной первичной основе. А именно снижение качества по ошибкам реальной системы ФБС может быть вычислено для всего межстанционного участка ближней связи и участка сети доступа. Если речь идет о межстанционном участке дальней связи, то минимальная длина линии, для которой определяется показатель качества по ошибкам, равна 50 км.

Следует отметить, что при развертывании многопролетной системы ФБС с формированием всего участка сети доступа, межстанционного участка ближней связи или межстанционного участка дальней связи длиной менее 50 км, показатель качества по ошибкам для помех, определенных в Рекомендации МСЭ-R F.1565, следует применять не к отдельным пролетам, а к многопролетной линии в целом.

Аналогичные соображения можно применять к распределению показателей готовности, заданных в Рекомендации МСЭ-R F.1703, с оговоркой, что та или иная линия считается находящейся в готовности только в том случае, если доступна связь в обоих направлениях.

Данный пункт следует учитывать в условиях совместного использования частот, в котором существенное влияние помех наблюдается не в каждом, а только в некоторых пролетах. Например, если только один пролет подвержен воздействию помех в пределах линии ФБС с N пролетами, образующей весь участок, то результирующее ухудшение качества по ошибкам и показателям готовности должно быть распределено на один пролет, подверженный воздействию помех, в соответствии с тем, как показано в условии расчета таблиц 2, 3А и 3В.

4.2 Кратковременные помехи

Система должна соответствовать заданным для нее показателям качества по ошибкам и готовности независимо от того, какими помехами обусловлены допустимые ухудшения – кратковременными или долговременными. При этом необходимо учитывать ухудшения качества, вызванные кратковременными помехами, наряду с ухудшениями качества, вызванными долговременными помехами, таким образом, чтобы их суммарная величина не превышала допустимое ухудшение качества.

Расчет допустимых уровней кратковременных помех и соответствующих процентов времени представляет собой сложный процесс. Поскольку он подробно описан для различных условий и полос частот в ряде действующих Рекомендаций МСЭ-R, то здесь расчеты не приводятся.

Процедуры, описанные в Рекомендациях МСЭ-R F.1494, МСЭ-R F.1495 и МСЭ-R F.1606, а также в Приложении 5 к Отчету МСЭ-R M.2119, содержат примеры разработки критериев кратковременных помех.

5 Использование автоматической регулировки мощности передатчика (АТРС) в цифровых системах

В некоторых полосах частот системы фиксированной службы используют функцию АТРС. Как правило, система АТРС включается при снижении уровня принимаемого сигнала ниже заранее определенного порогового значения; в ряде случаев алгоритм включения АТРС также может быть дополнен пороговым значением ухудшения коэффициента ошибок по битам (BER). Где применимо, АТРС может учитываться при проведении исследований совместного использования частот с участием ФС. В подобных исследованиях следует учитывать максимальный уровень передаваемой мощности, диапазон АТРС и распределение уровней мощности ФС во времени вследствие изменения потерь на распространение. При наличии помехи с относительно высоким уровнем (например, при рассмотрении кратковременной помехи) установление этого распределения может быть затруднено, поскольку уровень помехи может вызвать включение АТРС (например, срабатывание порогового значения BER), либо предотвратить включение АТРС (например, путем предотвращения достижения порогового значения принимаемого сигнала) непредсказуемым образом. Для проведения анализа совместного использования частот различными службами при оценке воздействия кратковременных помех на системы, оборудованные АТРС, следует тем не менее использовать долговременную мощность передатчика полезного сигнала, а не его максимальную мощность, до тех пор пока источник помехи не будет обладать той же конфигурацией трассы распространения. Например, если трасса помехи

начинается со спутниковой станции, то корреляция с трассой полезной фиксированной службы (ФС) отсутствует. В подобных случаях надо полагать, что мощность полезного передатчика имеет самый низкий уровень. Если однако трасса помехи начинается от наземного источника, то можно предположить наличие некоторой корреляции замираний (см. Примечание, ниже). В этом случае ожидаемая полезная мощность передатчика может равняться максимальной мощности диапазона АТРС. Более подробная информация по АТРС приведена в Рекомендациях МСЭ-R F.1494, МСЭ-R F.1495, МСЭ-R F.1606 и МСЭ-R F.1669.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Это относится в основном к случаю работы в полосах частот выше 17 ГГц, где дожди являются преобладающим фактором, влияющим на характеристики распространения линии, например, в Рекомендациях МСЭ-R P.452 и МСЭ-R P.839 приведена информация по размеру очага дождя и распределению интенсивности осадков (по направлению азимута и угла места) в пределах этих очагов. В полосах более низких частот, где преобладающим фактором является многолучевое распространение, глубокие замирания на трассе полезного сигнала и на трассе помехи не коррелируются.

6 Расчет фактических уровней помех

Для завершения анализа совместного использования частот необходимо оценить вероятность появления помех на входе антенны. При такой оценке следует учитывать современные модели распространения радиоволн и факторы трассы, которые описываются в Отчетах и Рекомендациях МСЭ-R серии Р. Маловероятно, что одна модель подойдет для всех возможных случаев применения. Расчеты потерь передачи должны также включать такие факторы, как потери на поглощение, дифракционные потери, потери на рассеяние, потери связи на поляризацию, потери связи "апертура-среда" и влияние многолучевого распространения. Кроме того, может потребоваться учет как суммарного уровня помех, так и уровня единичной помехи на входе.

Приложение 2

Параметры цифровых систем ФС для исследований совместного использования частот/совместимости

1 Введение

Для проведения расчета ухудшений качества и готовности необходимо знать, какие из характеристик системы ФБС ухудшаются. Существует большое количество разнообразных систем ФБС, как действующих, так и разрабатываемых для удовлетворения будущих потребностей. Это разнообразие системных параметров может быть обобщено с помощью систем, типичных для определенных диапазонов частот, в которых оборудование функционирует по единому принципу. В настоящем Приложении приведена подробная информация по ключевым параметрам систем радиосвязи, необходимым для оценки помех и расчетов для исследований совместного использования частот с другими службами. Системные параметры представлены в табличной форме для минимального количества диапазонов частот, необходимого для проведения исследований совместного использования частот службой ФС и другими службами.

2 Характеристики передатчика

2.1 Параметры оборудования

Основными параметрами передатчика, необходимыми для оценки потенциального воздействия помех на другие службы, являются:

- несущая частота;
- спектральные характеристики (например, полоса пропускания и плотность мощности передатчика);
- эквивалентная изотропно излучаемая мощность (э.и.и.м.);
- диаграмма направленности излучения антенны.

Рабочие частоты обычно соответствуют планам размещения частот радиостволов, определенным в Рекомендациях МСЭ-R. Тип модуляции и план размещения частот радиостволов создают основу для представления спектральных характеристик излучений при проведении базовых статистических вычислений, в ходе которых обычно принимаются в расчет только помехи в совмещенном канале. Однако, для более детального расчета (для каждой станции) возможностей совместного использования частот потребуется модель спектральных характеристик, составленная таким образом, чтобы могло быть вычислено подавление сигнала для любого отклонения частот при заданном разnose частот несущих полезного сигнала/помехи.

Э.и.и.м. передатчика вычисляется исходя из мощности передатчика, потерь в фидере/мультиплексоре и коэффициента усиления антенны. В принципе максимальное значение э.и.и.м. должно соответствовать максимальному коэффициенту усиления антенны, минимальным потерям в фидере/мультиплексоре и максимальной выходной мощности передатчика, что соответствует наибольшему потенциалу создания помех другим службам; однако, если исследования совместного использования частот/совместимости требуют статистической оценки объединенных данных о большом количестве мешающих станций ФС, либо если потенциальное возникновение помех может происходить случайным образом в пределах большой географической зоны, некорректно рассматривать абсолютно наихудшую ситуацию, а более подходящим вариантом в данном случае является использование диапазона значений в случайном порядке (или в соответствии с другим подходящим статистическим распределением).

Для проведения подробных исследований совместного использования частот необходимо знание диаграмм направленности антенн. При отсутствии измеренных диаграмм следует использовать эталонные диаграммы направленности, приведенные в следующих Рекомендациях:

- Рекомендация МСЭ-R F.699, *Эталонные диаграммы направленности антенн фиксированных беспроводных систем для использования при изучении вопросов координации и оценки помех в диапазоне частот от 100 МГц до примерно 70 ГГц;*
- Рекомендация МСЭ-R F.1245, *Математическая модель усредненной диаграммы направленности антенн для радиорелейных систем прямой видимости точка-точка, для изучения вопросов координации и оценки помех в диапазоне частот от 1 ГГц до примерно 70 ГГц;* и
- Рекомендация МСЭ-R F.1336, *Эталонные диаграммы направленности всенаправленных, секторных и других антенн в системах связи пункта со многими пунктами для использования при изучении вопросов совместного использования частот в диапазоне от 1 ГГц до приблизительно 70 ГГц.*

2.2 Статистическое распределение по территории

В прошлом линии ФС применялись в основном для создания многоканальных многопролетных магистральных соединений, ориентированных по известным направлениям между коммутационными центрами крупных городов, или соединений в удаленных зонах сельской местности. В обоих случаях в целях экономии сетевых ресурсов, как правило, требовалось, чтобы протяженность каждого пролета проектировалась максимально возможной, с учетом существующей технологии для ожидаемых условий распространения. Это привело к тому, что в большинстве линий ФС широко использовалась максимально возможная выходная мощность, связанная с увеличением размера антенны.

Таким образом, максимально возможная э.и.и.м. передатчика на практике совпадала с э.и.и.м., ожидаемой при проведении исследований совместного использования частот. Кроме того, плотность станций ФС на территории была ограничена несколькими крупными станциями электросвязи, в которых сходились все магистральные линии.

В настоящее время с появлением сетей подвижной связи и потребности в беспроводных соединениях для передачи данных в сетях доступа изменилось типичное распределение протяженности линий связи; теперь этот показатель определяется в основном различными соображениями, касающимися зон покрытия сотовых систем (т. е. расстоянием между базовыми станциями, соединяемыми с помощью линий ФС), или географическим расположением центров обработки данных частных пользователей относительно ближайшей точки доступа основной сети.

В населенных зонах это приводит к большей плотности сетей ФС, для которых требуются:

- более короткие пролеты, расположенные случайным образом по всей территории;
- существенно отличающаяся протяженность пролетов в одной и той же географической зоне;
- тщательная координация работы сети;
- использование согласно правилам лицензирования различных значений э.и.и.м. для каждой конкретной линии в целях минимизации помех и максимально возможного повышения эффективности спектра.

Вышеуказанные соображения, применительно к исследованиям совместного использования частот, приводят к необходимости "вероятностно ориентированного" сценария развертывания сети, при котором э.и.и.м. распределяется в соответствии с протяженностью линии в пределах диапазона значений, а направления линий случайным образом распределяются по какому-либо углу азимута и более широкому диапазону углов места.

Достижимая протяженность линии сокращается по мере увеличения рабочей частоты в связи с тем, что уровни выходной мощности имеют фиксированное значение согласно регуляторным требованиям, установленным местными администрациями, а также в связи с более интенсивным ослаблением с расстоянием при распространении. Таким образом, для каждой полосы частот верхний предел э.и.и.м. ограничен максимумом, доступным на рынке, в то время как нижний предел на практике ограничивается минимальной "экономически целесообразной" протяженностью линии в данной полосе частот. На самом деле в большинстве лицензионных положений предусмотрена плата за линию, которая снижается по мере увеличения рабочей полосы частот, и пользователь, таким образом, получает экономический стимул при использовании более высоких полос частот (для которых и оборудование дешевле) для создания более коротких линий связи, вместо того чтобы просто уменьшать э.и.и.м. в более низких полосах частот.

Следовательно, в диапазонах уровней выходной мощности и э.и.и.м., приведенных в таблицах с 4–11, представлен достаточный диапазон значений, которые можно использовать в "вероятностных" исследованиях.

В то время как функция распределения протяженности линии в конечном счете связана с географическим распределением базовых станций подвижной связи или местонахождением оборудования абонента, статистическое распределение э.и.и.м. не может считаться "гауссовым", но может быть рассчитано для каждого конкретного случая. В Дополнении 1 к настоящему Приложению приведены примеры подобных расчетов.

Для построения точной вероятностной модели, в той или иной модели совместного использования частот линии фиксированной службы должны распределяться в узловом порядке со случайным распределением по географической зоне. Для городских, пригородных и сельских районов должен учитываться весовой коэффициент, приблизительно определяющий средние характеристики используемой ФС в целях более точного распределения узлов фиксированной связи. Этот весовой коэффициент зависит от типа развертываемой фиксированной службы, и должен определяться для каждого конкретного случая. Фактическое процентное соотношение в данных географических зонах может быть различным для разных стран. Например, в одной стране для города, пригорода и сельской местности используются значения 60%/30%/10%, соответственно.

3 Характеристики приемника

3.1 Параметры оборудования

Оценка влияния помех, создаваемых другими службами работе ФС, требует знания эксплуатационных характеристик радиоприемника. Для исследования совместного использования частот важное значение имеют следующие параметры:

- коэффициент шума;
- ширина полосы шума;
- плотность мощности теплового шума приемника;

- мощность принимаемого сигнала для BER 1×10^{-3} , 1×10^{-6} , 1×10^{-10} (последующая коррекция ошибок) (см. Примечание 1);
- номинальный входной уровень приемника.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Как правило, в системах без кодирования уровень несущей, соответствующий 1×10^{-6} BER, примерно на 4 дБ выше, чем для 1×10^{-3} BER; разность уровней несущей между точками BER 1×10^{-6} и 1×10^{-10} также примерно равна 4 дБ. Для радиооборудования, в котором используется упреждающая коррекция ошибок (FEC), уровень несущей, соответствующий 1×10^{-6} BER, превышает на 1–2 дБ уровень для 1×10^{-3} BER; разница несущих между 1×10^{-6} и 1×10^{-10} также составляет от 1 до 2 дБ. В следующих таблицах мощность принимаемого сигнала рассматривается только для 1×10^{-6} , поскольку соответствующие параметры для других коэффициентов BER теоретически могут быть получены из схемы модуляции или на основе влияния коррекции ошибок.

Уровни принимаемого сигнала и уровни помех могут быть привязаны ко входу малошумящего усилителя (МШУ)/смесителя приемника, поэтому они не будут зависеть от коэффициента усиления приемной антенны и потерь в фидере/мультиплексоре (если предположить, что эти показатели одинаковы и для передатчика и для приемника).

Следует также отметить, что для детальных (по каждой станции) расчетов совместного использования частот необходима информация о частотной избирательности радиооборудования. Типовые исследования совместного использования частот и совместимости в одной и той же выделенной полосе частот, как правило, выполняются в условиях наличия помехи в совмещенном канале; следовательно, сигнал шума обладает достаточной шириной полосы.

Требуемые уровни сигнала для заданных коэффициентов BER могут быть выведены на основе расчетного уровня теплового шума приемника с добавлением требуемого отношения сигнала к тепловому шуму (S/N) для заданного коэффициента BER. Информация по теоретическому и практическому значениям S/N для наиболее распространенных форматов модуляции приведена в Рекомендации МСЭ-R F.1101.

3.2 Допустимый уровень помех

Необходимо определить максимальные уровни помех для процентов времени, соответствующих как долговременным, так и кратковременным помехам. При определении суммарной долговременной помехи, если могут возникать помехи одновременно от нескольких источников, то следует отметить, что критерии воздействия единичной помехи будут соответственно ниже. В случае кратковременных помех исследуемый процент времени будет связан с показателями качества системы.

Уровни долговременных и кратковременных помех, а также соответствующие проценты времени, должны вычисляться по отдельности для каждого типа системы в соответствии с принципами, описанными в Приложении 1.

4 Таблицы параметров системы

В таблицах 5–12 показаны характерные значения параметров, которые следует использовать при проведении исследований совместного использования частот и совместимости для цифровых ФБС, используемых в настоящее время в различных полосах частот.

В мире существует много разнообразных (например, в зависимости от разнесения каналов и форматов модуляции) систем ФБС, работающих в большинстве полос частот; их фактическое использование в какой-либо географической зоне зависит от региональных и национальных распределений и потребностей. Таким образом, приведенные системные параметры не являются характерными для какой-либо действующей системы ФБС, а представляют собой некое усреднение, либо ожидаемый диапазон значений, подходящих для проведения типовых исследований совместного использования частот/совместимости.

В каждом ряду таблиц учитывается определенный параметр (или ожидаемый диапазон его значений), который был определен или вычислен в соответствии с принципами, приведенными в следующих пунктах.

4.1 Диапазон частот и соответствующая ему справочная Рекомендация МСЭ-R

Рассматриваемый диапазон является приблизительным и, как правило, охватывается соответствующей Рекомендацией, в которой приведен план размещения частот радиостолов; фактические границы полос зависят от региональных и национальных распределений для ФС.

4.2 Формат модуляции

Для каждого диапазона частот два столбца соответствуют двум типам применений. Считается, что в первом столбце представлены более простые системы (например, с более узкой полосой частот и менее сложным форматом модуляции), которые часто обладают более высокой плотностью э.и.и.м. Во втором столбце, как предполагается, представлены более сложные системы (например, с более широкой полосой частот и сложным форматом модуляции), для которых обычно требуется высокое качество по ошибкам, и которые считаются более чувствительными к воздействию помех.

Исследования совместного использования частот, как правило, не зависят от модуляции, поскольку они базируются на показателях I/N . Формат модуляции, в принципе, может оказаться полезным при расчете уровней сигнала Rx (номинальных, и для коэффициента BER 1×10^{-6}), которые могут использоваться для оценки кратковременных помех.

Следует отметить, что в большинстве случаев при связи пункта с несколькими пунктами (РМР), а также и при связи пункта с пунктом (РР), работа в режиме адаптивной модуляции (т. е. когда модуляция изменяется в соответствии с условиями распространения и/или влиянием внутрисистемных помех), может быть использована, при наличии возможностей, для увеличения доступной производительности/пропускной способности системы.

4.3 Разнос каналов и ширина полосы шума приемника

Данные о разноте каналов требуются для простого расчета плотности выходной мощности Tx. Однако для некоторых полос частот Рекомендация МСЭ-R указывает на разнообразие значений разноты каналов, применение которых зависит от конкретной страны; следовательно, для разноты каналов задается определенное количество значений. Фактическая ширина полосы шума зависит от конкретных условий реализации; тем не менее для исследований совместного использования частот/совместимости номинальное значение, как правило, считается равным ширине полосы канала.

4.4 Диапазон выходной мощности Tx (дБВт)

При использовании координации частот (для каждой конкретной линии в системах РР, либо между сотами и терминалами в одной и той же системе РМР) для управления помехами внутри службы (от ФС к ФС) э.и.и.м. (и, следовательно, выходная мощность Tx) фиксируется на уровне, позволяющем обеспечить лишь предоставление услуги желаемого качества по конкретной линии, либо в пределах площади ячейки. Таким образом, представленный диапазон выходной мощности предоставляет информацию не только о максимальной мощности, которую может обеспечить система, но также о фактическом распределении действующей мощности на большой территории. В полученных значениях учтены потери в фильтре Tx.

4.5 Диапазон плотности выходной мощности Tx (дБВт/МГц)

При проведении исследований совместного использования частот/совместимости могут потребоваться значения спектральной плотности мощности. Плотность выходной мощности Tx может быть получена путем масштабирования выходной мощности Tx с учетом коэффициента полосы частот для линий связи в рассматриваемой сети: плотность выходной мощности Tx (дБВт/МГц) = выходная мощность Tx (дБВт) – 10 log (разнос каналов в МГц).

4.6 Диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)

Для большого количества разнообразных систем, существующих в мире, имеются различные методики физического развертывания. Системы обычного типа, применяемые внутри помещений (например, с радиочастотными входными каскадами в защищенных условиях эксплуатации), и подключаемые к

установленным на мачтах или на крышах антеннам с помощью фидера, представлены главным образом в полосах более низких частот; системы, полностью предназначенные для использования вне помещений (например, в водонепроницаемом корпусе, совмещенные с антенной или находящиеся в непосредственной близости от нее), представлены главным образом в полосах более высоких частот, но их применение возрастает и на более низких частотах. Таким образом, нулевые потери (0 дБ) в фидере относятся к устройствам полностью наружного применения, в то время как более высокие уровни потерь, только для полос частот ниже 18/23 ГГц, вычисляются на основе средней длины фидера, составляющей примерно 50 м гибкого волновода. Строка потерь в фидере/мультиплексоре отражает потери в фидере, а также потери, обусловленные многоканальными системами уплотнения, при наличии таковых (за исключением потерь в канальном фильтре, которые учитываются в выходной мощности T_x или в коэффициенте шума R_x).

4.7 Диапазон коэффициента усиления антенны (дБи) (связь пункта с пунктом) или тип антенны и диапазон коэффициента усиления (дБи) (связь пункта с несколькими пунктами)

В системах РР антенны меньшего размера, как правило, сочетаются с низкими либо нулевыми потерями в фидере (например, в системах, применяемых полностью вне помещений); эталонные диаграммы направленности приведены в Рекомендациях МСЭ-R F.699 и МСЭ-R F.1245. В системах РМР типичными видами антенн являются всенаправленная, "волновой канал", параболическая, секторная; эталонные диаграммы направленности приведены в Рекомендации МСЭ-R F.1336.

Следует проявлять особую осторожность с учетом того, что:

- при проведении исследований наиболее интенсивные помехи не всегда создаются антенной с наибольшим коэффициентом усиления. Антенна с низким коэффициентом усиления обладает более широким лучом, и в некоторых случаях это наносит больший вред, независимо от того, подвергается ли служба ФС воздействию помехи или сама является ее источником. Это определяется в каждом отдельном случае и для каждого сценария совместного использования частот исходя из заданного характерного диапазона;
- диапазон коэффициента усиления представляет всю совокупность сетей, поскольку каждая сеть характеризуется различным распределением значений коэффициента усиления антенны. Типовое значение, вероятно, находится в пределах заданного диапазона, но это также зависит от различных национальных особенностей.

4.8 Диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)

Диапазон значений э.и.и.м. зависит от упомянутых выше значений выходной мощности, потерь в фидере и коэффициента усиления антенны следующим образом: $\text{э.и.и.м.} = (\text{выходная мощность } T_x) + (\text{коэффициент усиления антенны}) - (\text{потери в фидере})$. Однако фактический диапазон значений э.и.и.м. не может рассчитываться напрямую как сумма наибольшего и наименьшего значений, поскольку должны учитываться следующие соображения:

- Если задан диапазон потерь в фидере, то нулевое значение (0 дБ) соответствует системам, применяемым полностью вне помещений, для которых обычно характерна умеренная выходная мощность.
- Если установлены регуляторные ограничения, то значение э.и.и.м. может не быть равным максимальной мощности плюс максимальный коэффициент усиления минус минимальные потери в фидере (в децибелах).
- Системы с менее сложной модуляцией могут, в принципе, обладать низкими потерями мощности передатчика и, следовательно, более высокой мощностью; однако разработка систем, привязанная к среднему бюджету линии, согласно требованиям рынка для данного применения, предполагает, по экономическим соображениям, использование умеренной мощности. Тем не менее при использовании в условиях меньшего разноса каналов плотность э.и.и.м. (дБВт/МГц) может возрасти.

- Системы с модуляцией более высокого порядка требуют более высоких потерь мощности передатчика и, подключаясь к широкополосным системам с высокой пропускной способностью, используют максимальную общедоступную мощность. Тем не менее плотность э.и.и.м. (дБВт/МГц) может не быть наивысшей среди систем, использующих ФС.
- Для заданной сети наивысшая выходная мощность T_x не обязательно соответствует наибольшему коэффициенту усиления антенны.

Значение э.и.и.м. для различных направлений антенны может быть вычислено с учетом диаграммы направленности антенны.

4.9 Диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц)

При проведении исследований совместного использования частот/совместимости часто используется спектральная плотность э.и.и.м. Ее несложно вычислить путем масштабирования с использованием коэффициента ширины полосы для линий связи рассматриваемой сети: плотность э.и.и.м. (дБВт/МГц) = э.и.и.м. (дБВт) – $10 \log$ (разнос каналов в МГц).

В некоторых случаях задается также режим, который является статистическим параметром для наиболее часто встречающихся значений.

4.10 Типичный коэффициент шума приемника (дБ)

Коэффициент шума приемника включает потери в фильтре R_x . Предполагаемое значение является экономически целесообразной компенсацией для данного применения (в большей степени зависящей от требуемого бюджета линии, заложенного при разработке системы).

4.11 Типичная плотность мощности шума приемника (дБВт/МГц)

Типичная плотность мощности шума приемника может быть получена из плотности мощности теплового шума и рассчитывается как: -144 дБВт/МГц + коэффициент шума. Абсолютная мощность шума R_x может быть получена путем прибавления номинального коэффициента ширины полосы шума = $10 \log$ (разнос каналов (в МГц)).

4.12 Нормированный входной уровень R_x для $BER 1 \times 10^{-6}$ (дБВт/МГц)

Нормированный входной уровень R_x для $BER 10^{-6}$ зависит от соответствующего отношения S/N для действующего формата модуляции и от ширины полосы канала. Он может быть получен из плотности мощности шума приемника по следующей формуле:

Нормированный входной уровень R_x (дБВт/МГц) = плотность мощности шума R_x (дБВт/МГц) + S/N (дБ).

Фактический входной уровень R_x может быть получен путем прибавления номинального коэффициента ширины полосы шума = $10 \log$ (разнос канала в МГц).

Информация о теоретическом отношении S/N для ряда форматов модуляции, как с кодированием, так и без кодирования, приведена в Рекомендации МСЭ-R F.1101. При наличии информации о типовом ожидаемом значении S/N , включающем выигрыш при кодировании, эта информация отражается в таблице, в иных случаях табличные значения берутся из данной Рекомендации, при этом считается, что в существующих системах фактический выигрыш при кодировании компенсирует как минимум потери, связанные с введением в эксплуатацию.

4.13 Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц)

Плотность мощности долговременной помехи, приведенная в таблицах 5–11 и в таблицах 14–17, равна $N_{RX} + I/N$. Это значение должно стать точкой отсчета при рассмотрении совместного использования частот или совместимости. Несмотря на то, что значение для N_{RX} находится во второй строке над данной записью в каждом столбце указанных таблиц, соответствующее значение I/N зависит от полосы частот и условий совместного использования частот или совместимости, указанных в таблице 4, ниже. В прошлом в большинстве случаев суммарное значение в -10 дБ применялось для условий совместного

использования частот с одной службой на равной первичной основе; однако другие значения также применялись или разрабатывались в исследованиях совместного использования частот и совместимости для различных условий помех.

Значение -6 дБ применялось в некоторых случаях совместного использования частот на равной первичной основе в полосах частот ниже 3 ГГц. В дополнение к этому, далее приведены руководящие указания по исследованиям совместного использования частот, включающим более одной службы на равной первичной основе; в таблице 4 приведены некоторые руководящие указания по выбору значений I/N для использования при определении соответствующей плотности мощности долговременных помех.

ТАБЛИЦА 4

Руководящие указания по выбору значений I/N для долговременных помех

I/N^1	Диапазон частот	Условия совместного использования частот/совместимости ¹	Комментарии и соответствующие Рекомендации МСЭ-R
-6 дБ	От 30 МГц до 3 ГГц	Условия совместного использования частот, кроме упомянутых в других местах данной таблицы	Широко применяемое значение для суммарной помехи Ссылку на соответствующие Рекомендации см. в таблице 1.
-10 дБ	Свыше 3 ГГц		
≤ -6 дБ	От 30 МГц до 3 ГГц	Совместное использование частот с более чем одной службой на равной первичной основе	Разделение показателей F.1094 (см. раздел 2 Приложения 1 настоящей Рекомендации) -6 дБ или -10 дБ, в зависимости от ситуации может применяться в том случае, если риск одновременного возникновения помех от станций с другими распределениями на равной первичной основе является ничтожным. В иных случаях может потребоваться более жесткий критерий для учета суммарной помехи от всех мешающих служб на равной первичной основе (т. е. значения -6 дБ или -10 дБ должны рассматриваться как максимальное суммарное отношение I/N от всех служб на равной первичной основе).
≤ -10 дБ	Свыше 3 ГГц		
-13 дБ	3–6 ГГц	Совместимость с UWB	Только для оконечных устройств фиксированного радиодоступа (FWA), применяемых внутри помещений, согласно SM.1757
-15 дБ	27–31 ГГц	Совместное использование частот с ФС, использующей HAPS	F.1609
-20 дБ	3–8,5 ГГц	Совместимость с UWB	SM.1757
-20 дБ	Все	Исследования совместимости	F.1094

¹ Эти значения I/N применяются к суммарным помехам, создаваемым работой службы, совместно использующей частоту.

¹ Для целей настоящей Рекомендации исследования совместимости означают исследования, проводимые между ФБС и:

- системами в службах, имеющих распределение на вторичной основе в полосах, которые распределены фиксированной службе на первичной основе;
- системами в службах, имеющих распределение в других полосах (например, в соседних полосах);
- источниками излучений, отличных от радиослужб.

4.14 Дополнительная информация (номинальный входной уровень R_x)

Номинальный входной уровень R_x (дБВт) не упоминается в таблицах в связи с тем, что в действующих сетях его значение изменяется в широком диапазоне. Однако эта величина может потребоваться для оценки кратковременных помех. Номинальный уровень приема зависит от требуемого бюджета конкретной линии, который необходим для достижения заданного качества по ошибкам и готовности. Кроме того, при использовании функции АТРС номинальный уровень приемника еще больше снижается на величину диапазона АТРС. Обычно при использовании АТРС номинальный уровень приемника должен снизиться примерно на 10 дБ. При необходимости данные о номинальных входных уровнях R_x должны быть предоставлены национальными администрациями, которых непосредственно касается проводимое исследование.

В любом случае для нормального функционирования линии связи, включая АТРС, номинальный входной уровень R_x не должен быть ниже значений, превышающих примерно на 10–15 дБ входной уровень R_x для $BER = 10^{-6}$.

ТАБЛИЦА 5^(*)

Параметры систем для систем РР ФС в распределенных полосах частот ниже 3 ГГц

Полоса частот (ГГц)	0,4061–0,450		1,350–1,530		1,700–2,100 1,900–2,300		1,900–2,300		2,290–2,670	
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.1567		F.1242		F.382		F.1098		F.1243	
Модуляция
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,5; 0,6; 0,75; 1; 1,75; 3,5	0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,5; 0,6; 0,75; 1; 1,75; 3,5	0,25; 0,5; 1; 2; 3,5	0,25; 0,5; 1; 2; 3,5	29	29	1,75; 2,5; 3,5; 7; 10; 14	1,75; 2,5; 3,5; 7; 10; 14	0,25; 0,5; 1; 1,75; 2; 2,5; 3,5; 7; 14	0,25; 0,5; 1; 1,75; 2; 2,5; 3,5; 7; 14
Диапазон выходной мощности Tx (дБВт)	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	
Диапазон плотности выходной мощности Tx (дБВт/МГц)										
Диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)										
Размер антенны (м) и диапазон коэффициента усиления (дБи)										
Диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)										
Диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц)										
Типичный коэффициент шума приемника (дБ)										
Типичная плотность мощности шума приемника ($=N_{RX}$) (дБВт/МГц)										
Нормированный входной уровень Rx для BER 1×10^{-6} (дБВт/МГц)										
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц)	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$

ПРИМЕЧАНИЕ. – Заданный набор параметров для двух эталонных систем в целях проведения исследований совместного использования частот/совместимости в настоящее время недоступен или доступен лишь частично; администрациям предлагается сделать свой вклад. В качестве временной меры можно использовать параметры, приведенные в Приложении 3 для тех же полос частот.

(*) Для каждой полосы частот в таблицах 5–12 два столбца относятся к репрезентативным данным для более простых и более сложных систем соответственно (см. п. 4.2 в Приложении 2).

ТАБЛИЦА 6^(*)

Параметры систем для систем РР ФС в распределенных полосах частот между 3 и 7,2 ГГц

Полоса частот (ГГц)	3,600–4,200		3,700–4,200		4,400–5,000		5,925–6,425		6,425–7,125	
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.635		F.382		F.1099		F.383		F.384	
Модуляция	.....	.....	.....	.....	16-QAM	256-QAM	64-QAM	128-QAM	QPSK	64-QAM
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	10, 30, 40, 60, 80, 90	10, 30, 40, 60, 80, 90	28, 29	28, 29	8 ⁽³⁾ , 9 ⁽³⁾ , 10, 13 ⁽³⁾ , 16,6 ⁽³⁾ , 20, 28, 33,2 ⁽³⁾ , 40, 60, 80	9 ⁽³⁾ , 10, 13 ⁽³⁾ , 20, 28, 40, 60, 80	5, 10, 20, 28, 29,65, 40, 60, 90	5, 10, 20, 28, 29,65, 40, 60, 90	5, 10, 20, 30, 40, 80	5, 10, 20, 30, 40, 80
Диапазон выходной мощности Tx (дБВт)	ПРИ-МЕЧА-НИЕ	ПРИ-МЕЧА-НИЕ	ПРИ-МЕЧА-НИЕ		–5...–10	–5	–8...2,0	–11...2	–13...4	–15...3
Диапазон плотности выходной мощности Tx (дБВт/МГц) ⁽¹⁾					–25,2...–14,5	–19,5...–14,5	–24...–14,0	–25,7...–9,7	–26...–9	–31...–13,0
Диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)					0	3	2,5...5,6	1,1...3	1,2...2,8	0...6,3
Диапазон коэффициента усиления антенны (дБи)					21,5...22,5	22,5	38,1...45,0	38,7...46,6	35,3...43,9	32,6...47,4
Диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)					11,5...14,5	14,5	20,6...37,5	25,7...45,9	27,1...42,2	15,8...48,8
Диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц) ⁽¹⁾					–3,7...5,0	0,0...5,0	4,6...21,5 (мода 14,3)	10,9...31,1 (мода 26,9)	14,1...29,1 (мода 21,7)	–0,2...32,7 (мода 8,2...24,2)
Типичный коэффициент шума приемника (дБ)					6,5...7	6,5	5	4,0	5	4,5...5
Типичная плотность мощности шума приемника (=N _{RX}) (дБВт/МГц)					–137,5...–137	–137,5	–139	–140	–139	–139,5...–139
Нормированный входной уровень Rx для BER 1 × 10 ^{–6} (дБВт/МГц)					–117,0...–116,5	–104,9	–112,5	–110,5	–125,5	–113...–112,5
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц) ⁽²⁾	N _{RX} + I/N	N _{RX} + I/N	N _{RX} + I/N	N _{RX} + I/N	–137,5...–137 + I/N	–137,5 + I/N	–139 + I/N	–140 + I/N	–139 + I/N	–139,5...–139 + I/N

ПРИМЕЧАНИЕ. – Заданный набор параметров для двух эталонных систем в целях проведения исследований совместного использования частот/совместимости в настоящее время недоступен или доступен лишь частично; администрациям предлагается сделать свой вклад. В качестве временной меры можно использовать параметры, приведенные в Приложении 3 для тех же полос частот.

⁽¹⁾ Для расчета значений плотности э.и.и.м. передатчика необходимо определить разнос каналов/ширину полосы канала. В приведенных таблицах используются цифры разнеса каналов, обозначенные **полужирным шрифтом**. При наличии наиболее вероятного значения (моды), его следует принимать в качестве ориентировочного в заданном диапазоне, и может потребоваться дополнительный анализ чувствительности в каждом отдельном случае для оценки потенциала данной помехи, обусловленного изменениями в пределах указанного диапазона.

⁽²⁾ Номинальная плотность мощности долговременных помех определяется как "плотность мощности шума приемника + (требуемое значение I/N)" как описано в п. 4.13 в Приложении 2 (см. также п. 4.1 в Приложении 1).

⁽³⁾ Данное значение разнеса каналов не указано в справочной Рекомендации.

ТАБЛИЦА 7^(*)

Параметры систем для систем РР ФС в распределенных полосах частот между 7,1 и 14 ГГц

Полоса частот (ГГц)	7,110–7,900		7,725–8,500		10,5–10,68		10,7–11,7		12,75–13,25	
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.385		F.386		F.747		F.387		F.497	
Модуляция	16-QAM	128-QAM	16-QAM	128-QAM	16-QAM	64-QAM
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	3,5; 5; 7; 10 ; 14; 20 ; 28 ; 30 ⁽³⁾ ; 40 ⁽³⁾ ; 60 ⁽³⁾ ; 80 ⁽³⁾	3,5; 5; 7; 10 ; 14; 20 ; 28 ; 30 ⁽³⁾ ; 40 ⁽³⁾ ; 60 ⁽³⁾ ; 80 ⁽³⁾	1,25; 2,5; 5; 7; 10 ; 11,662; 14; 20 ; 28 ; 29,65; 30 ; 40 ; 60 ⁽³⁾ ; 80 ⁽³⁾	1,25; 2,5; 5; 7; 10 ; 11,662; 14; 20 ; 28 ; 29,65; 30 ; 40 ; 60 ⁽³⁾ ; 80 ⁽³⁾	1,25; 2,5; 3,5; 7	1,25; 2,5; 3,5; 7	5, 10, 20, 40, 60 , 67, 80	5, 10, 20, 40 , 60, 67, 80	3,5; 7; 14; 28	3,5; 7; 14; 28
Диапазон выходной мощности Tx (дБВт)	–6,5...20,0	–6,5...20,0	–6,5...20,0	–6,5...20,0	ПРИ- МЕЧА- НИЕ	ПРИ- МЕЧА- НИЕ	3...5,0	0,0	ПРИ- МЕЧА- НИЕ	
Диапазон плотности выходной мощности Tx (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	–25,5...10,0	–25,5...10,0	–25,5...10,0	–25,5...10,0			–14,8...–12,8	–16,0		
Диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)	0...3,0	0...3,0	0...3,0	0...3,0			0...9,5	0...7,6		
Диапазон коэффициента усиления антенны (дБи)	12...48,6	12...48,6	12...48,6	12...48,6			44...51	36...48,0		
Диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)	5,5...65,5	5,5...65,5	5,5...65,5	5,5...65,5			33,1...51,2	13,3...43,0		
Диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	–13,5...55,5	–13,5...55,5	–13,5...55,5	–13,5...55,5			15,3...33,4 (мода 28,5)	–2,7...27,0 (мода 15,9)		
Типичный коэффициент шума приемника (дБ)	2,5...6	2,5...6	2,5...6	2,5...8			5	5		
Типичная плотность мощности шума приемника (=N _{Rx}) (дБВт/МГц)	–141,5... –138,0	–141,5... –138,0	–141,5...–138,0	–141,5...–136			–139	–139		
Нормированный входной уровень Rx для BER 1 × 10 ^{–6} (дБВт/МГц)	–121,0... –117,5	–112,5... –115,0	–121,0...–117,5	–111,3...–106,5			–118,5	–112,5		
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц) ⁽²⁾	–141,5... –138,0 + I/N	–141,5... –138,0 + I/N	–141,5... –138,0 + I/N	–141,5... –136 + I/N	N _{Rx} + I/N	N _{Rx} + I/N	–139 + I/N	–139 + I/N	N _{Rx} + I/N	N _{Rx} + I/N

ПРИМЕЧАНИЕ. – Заданный набор параметров для двух эталонных систем в целях проведения исследований совместного использования частот/совместимости в настоящее время недоступен или доступен лишь частично; администрациям предлагается сделать свой вклад. В качестве временной меры можно использовать параметры, приведенные в Приложении 3 для тех же полос частот.

ТАБЛИЦА 8^(*)

Параметры систем для систем РР ФС в распределенных полосах частот между 14 и 34 ГГц

Полоса частот (ГГц)	14,4–15,35		17,7–19,7		21,2–23,6		24,25–29,50		31,8–33,4	
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.636		F.595		F.637		F.748		F.1520	
Модуляция	FSK	128-QAM	QPSK	64-QAM	FSK	128-QAM	16-QAM ⁽⁴⁾	QPSK	256-QAM
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	2,5; 3,5 ; 7; 14; 28	2,5; 3,5; 7; 14; 28	1,25; 1,75; 2,5; 3,5; 5; 7 ; 7,5; 10; 13,75; 20; 27,5 ; 30; 40 ; 50; 55 ; 60 ⁽⁵⁾ ; 110 ; 220	1,25; 1,75; 2,5; 3,5; 5; 7; 7,5; 10; 13,75; 20; 27,5; 30; 40 ; 50; 55; 60 ⁽⁵⁾ ; 110; 220	2,5; 3,5; 7; 14; 25 ⁽³⁾ ; 28; 50; 56; 112	2,5; 3,5; 7; 14; 28; 30 ⁽³⁾ ; 50; 56; 112	2,5; 3,5; 14; 28; 40 ⁽⁵⁾ ; 56; 60 ⁽⁵⁾ ; 112	2,5; 3,5; 7; 14; 28; 40 ⁽⁵⁾ ; 56; 60 ⁽⁵⁾ ; 112	3,5; 7 ; 14; 28; 56 ⁽⁵⁾	3,5; 7; 14; 28 ; 56 ⁽⁵⁾
Диапазон выходной мощности Tx (дБВт)	0	15	–37...–3,0	–10	–10	–13	–39...–19		–29...–9	–29...–15
Диапазон плотности выходной мощности Tx (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	–5,44	0,528	–45,4... –19,0	–26	–24,0	–27,8	–53,8... –33,8 ⁽⁶⁾		–37,5... –17,5	–43,5... –29,5
Диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)	0...6,0	0...5,0	0,0...2	0...9,3	0...3	...	0,0		0...1,5	0...1,5
Диапазон коэффициента усиления антенны (дБи)	37	31,9	21,7...48,3	32...45	34,8	...	31,5		37,8...43	37,8...43
Диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)	31...37	41,9...46,9	–4,4...43	–1,1...33	21,8... 24,8	...	–7,5... 12,5		7,3... 34,0	7,3... 28,05
Диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	25,6...31,6	27,4...32,4	–13,1...27,3 (мода 16,2)	–17,1...17 (мода 8,0)	7,8...10,8		–21,3... –2,3 ⁽⁶⁾		–1,1... 25,5	–7,2... 13,5
Типичный коэффициент шума приемника		8	5,0	5	11	6	8		6	6
Типичная плотность мощности шума приемника ($=N_{RX}$) (дБВт/МГц)		–136	–139	–139	–133	–138	–136		–138	–138
Нормированный входной уровень Rx для BER 1×10^{-6} (дБВт/МГц)		–106,5	–125,5	–112,5	–119,6	–108,5	–115,5		–131,3	–107,3
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц) ⁽²⁾	$N_{RX} + I/N$	–136 + I/N	–139 + I/N	–139 + I/N	–133 + I/N	–138 + I/N	–136 + I/N	$N_{RX} + I/N$	–138 + I/N	–138 + I/N

ПРИМЕЧАНИЕ. – Заданный набор параметров для двух эталонных систем в целях проведения исследований совместного использования частот/совместимости в настоящее время недоступен или доступен лишь частично; администрациям предлагается сделать свой вклад. В качестве временной меры можно использовать параметры, приведенные в Приложении 3 для тех же полос частот.

⁽⁴⁾ В данной системе применяется адаптивная модуляция между QPSK и 16-QAM, а при обычных условиях выбирается 16-QAM. В данной системе используется полоса частот 25,27–26,98 ГГц.

⁽⁵⁾ Ширина полосы частотного блока.

⁽⁶⁾ Эти значения плотности э.и.и.м. Tx получены из разнеса канала (ширины полосы) 30 МГц в пределах частотного блока 60 МГц.

ТАБЛИЦА 9

Параметры систем для систем РР ФС в распределенных полосах частот между 36 и 59 ГГц

Полоса частот (ГГц)	36,0–40,5	40,5–43,5			51,4–52,6				55,78–59,0
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.749	F.2005			F.1496				F.1497
Модуляция	QPSK	32-QAM			QPSK	256-QAM	.....	.....	FSK
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	2,5; 3,5; 7; 14; 28 ; 56; 112; 140	2,5; 3,5; 7; 14; 28; 56 ; 112; 140	7; 14; 28 ; 56; 112	7; 14; 28; 56 ; 112	3,5; 7; 14; 28; 56	3,5; 7; 14; 28; 56			3,5; 7; 14; 28; 50; 56; 100
Диапазон выходной мощности Tx (дБВт)	–60...–15	–37,5...–16,5	–10	–17	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	ПРИМЕЧАНИЕ			–20...3
Диапазон плотности выходной мощности Tx (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	–68,4...–23,4	–45,9...–33,9			–24,5	–34,5			–37,0...–7,0
Диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)	0	0			0...2,5	0...2,5			0...2,5
Диапазон коэффициента усиления антенны (дБи)	34...45	34...39,2			38...44	38...44			40,1...48,8
Диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)	–20,8...30	–1,7...22,7			25,5...34	18,5...27			17,6...51,8
Диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	–29,2...21,5 (мода 14,2)	–15,7...5,2 (мода 1,22)			11...19,5	1,0...9,5			0,6...41,8
Типичный коэффициент шума приемника (дБ)	8	6,3			7	7			7
Типичная плотность мощности шума приемника (=N _{Rx}) (дБВт/МГц)	–136	–137,7			–137	–137			–137
Нормированный входной уровень Rx для BER 1 × 10 ^{–6} (дБВт/МГц)	–122,5	–114,2			–123,5	–104,4			–123,6
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц) ⁽²⁾	–136 + I/N	–137,7 + I/N	–137 + I/N	–137 + I/N	N _{Rx} + I/N	N _{Rx} + I/N			–137 + I/N
									N _{Rx} + I/N

⁽¹⁾ Для расчета значений плотности э.и.и.м. передатчика необходимо определить разнос каналов/ширину полосы канала. В приведенных таблицах используются цифры разнеса каналов, обозначенные **полужирным шрифтом**. При наличии наиболее вероятного значения (моды), его следует принимать в качестве ориентировочного в заданном диапазоне, и может потребоваться дополнительный анализ чувствительности в каждом отдельном случае для оценки потенциала данной помехи, обусловленного изменениями в пределах указанного диапазона.

⁽²⁾ Номинальная плотность мощности долговременных помех определяется как "плотность мощности шума приемника + (требуемое значение I/N)" как описано в п. 4.13 в Приложении 2 (см. также п. 4.1 в Приложении 1).

⁽³⁾ Данное значение разнеса каналов не указано в справочной Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Заданный набор параметров для двух эталонных систем в целях проведения исследований совместного использования частот/совместимости в настоящее время недоступен или доступен лишь частично; администрациям предлагается сделать свой вклад. В качестве временной меры можно использовать параметры, приведенные в Приложении 3 для тех же полос частот.

ТАБЛИЦА 10

Параметры систем для систем РР ФС в распределенных полосах частот выше 59 ГГц

Полоса частот (ГГц)	59–64		64–66		71–76/81–86	
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.1497		F.1497		F.2006	
Модуляция	QPSK	64-QAM	BPSK		QPSK	
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	50; 100	50; 100; 150; 250; 500 ⁽³⁾ ; 1 250; 2 500	30 ; 50		250, 500, 750, 1 000, 1 250 , 1 500, 1 750, 2 000, 2 250	
Диапазон выходной мощности Тх (дБВт)	–22...–20	–24	–15...–12		–10	
Диапазон плотности выходной мощности Тх (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	–42...–40	–51	–29,8...–26,8		–41	
Диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)	0...2,5	0...2,5	0...2,5		0	
Диапазон коэффициента усиления антенны (дБи)	38...48	38...48	48...50		54	
Диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)	13,5...28	11,5...24	30,5...38		44	
Диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	–6,5...8	–15,5...–3,0	15,8...23,3		13	
Типичный коэффициент шума приемника (дБ)	8	8	9		10	
Типичная плотность мощности шума приемника ($=N_{RX}$) (дБВт/МГц)	–136	–136	–135		–134	
Нормированный входной уровень Rx для BER 1×10^{-6} (дБВт/МГц)	–122,5	–109,5	–124,5		–120,5	
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц) ⁽²⁾	–136+ I/N	–136 + I/N	–135 + I/N		–134 + I/N	

⁽¹⁾ Для расчета значений плотности э.и.и.м. передатчика необходимо определить разнос каналов/ширину полосы канала. В приведенных таблицах используются цифры разнеса каналов, обозначенные **полужирным шрифтом**. При наличии наиболее вероятного значения (моды), его следует принимать в качестве ориентировочного в заданном диапазоне, и может потребоваться дополнительный анализ чувствительности в каждом отдельном случае для оценки потенциала данной помехи, обусловленного изменениями в пределах указанного диапазона.

⁽²⁾ Номинальная плотность мощности долговременных помех определяется как "плотность мощности шума приемника + (требуемое значение I/N)" как описано в п. 4.13 в Приложении 2 (см. также п. 4.1 в Приложении 1).

⁽³⁾ Данное значение разнеса каналов не указано в справочной Рекомендации.

ТАБЛИЦА 11^(*)

Параметры систем для систем RMP ФС в распределенных полосах частот ниже 11 ГГц

Полоса частот (ГГц)	1,35–2,69 (поддиапазоны 1,35–2,5)		1,35–2,69 (поддиапазоны 2,5–2,69)		3,40–3,80		10,15–10,68	
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.701		F.701		F.1488		F.747, F.1568	
Формат модуляции	Центральные станции	Оконечные станции	Центральные станции от QPSK до 64-QAM ⁽⁷⁾	Оконечные станции QPSK	Центральные станции от QPSK до 64-QAM ⁽⁷⁾	Оконечные станции QPSK	Центральные станции 64-QAM	Оконечная станция 64-QAM
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	Кратно 0,5	Кратно 0,5	5; 5,5; 6 ⁽⁸⁾	5; 5,5; 6 ⁽⁸⁾	25 ⁽⁵⁾ ; 1,75; 3,5...14 ⁽⁹⁾	25 ⁽⁵⁾ ; 1,75; 3,5...14 ⁽⁹⁾	1,75 ⁽³⁾ ; 2,5; 5; 28 ⁽⁵⁾ ; 30 ⁽⁵⁾	1,75 ⁽³⁾ ; 2,5; 5; 28 ⁽⁵⁾ ; 30 ⁽⁵⁾
Диапазон выходной мощности Tx (дБВт)	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	ПРИМЕ- ЧАНИЕ	5...13	–6...0	5...13	–6...0	–3	–12
Диапазон плотности выходной мощности Tx (дБВт/МГц) ⁽¹⁾			–2,78...6,01	–13,8...–6,99	–6,46...10,6	–17,5...–2,43	–5,43	–14,4
Диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)			3	0	2	0	0,5	0
Тип антенны и диапазон коэффициента усиления (дБи)			13 (всенаправ- ленная)... 16 (секторная)	13 (всенаправ- ленная)	10 (всенаправ- ленная)... 18 (секторная)	8 (внутренняя) ... 18 (наружная)	15 (90° микрополос- ковая секторная)	18 (панельная)
Диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)			23...26	32	21...29	8...18	11,5	6
Диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц) ⁽¹⁾			15,2...19,0	24,2...25,0	9,54...26,5	–3,46...15,6	9,07	3,57
Типичный коэффициент шума приемника (дБ)			4	4	3	3	5	5
Типичная плотность мощности шума приемника ($=N_{RX}$) (дБВт/МГц)			–140	–140	–141	–141	–139	–139
Нормированный входной уровень Rx для BER 1×10^{-6} (дБВт/МГц)			–126,5...–113,5	–126,5	–127,5...–114,5	–127,5	–112,5	–112,5
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц) ⁽²⁾	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	–140 + I/N	–140 + I/N	–141 + I/N	–141 + I/N	–139 + I/N	–139 + I/N

ПРИМЕЧАНИЕ. – Заданный набор параметров для двух эталонных систем в целях проведения исследований совместного использования частот/совместимости в настоящее время недоступен или доступен лишь частично; администрациям предлагается сделать свой вклад. В качестве временной меры можно использовать параметры, приведенные в Приложении 3 для тех же полос частот.

⁽⁷⁾ Формат модуляции обычно изменяется динамически в соответствии с ухудшением условий распространения.

⁽⁸⁾ В Рекомендации МСЭ-R F.701 приведен лишь базовый интервал 0,5 МГц (или кратное ему целое значение). Значения 5; 5,5 и 6 МГц предложены в качестве наиболее распространенных разносов каналов для этих систем.

⁽⁹⁾ В Рекомендации МСЭ-R F.1488 приведен лишь базовый интервал 0,25 МГц (или кратное ему целое значение). Значения 1,75; 3,5... 14 МГц предложены в качестве наиболее распространенных разносов каналов для этих систем.

ТАБЛИЦА 12^(*)

Параметры систем для систем РМР ФС в распределенных полосах частот свыше 11 ГГц

Полоса частот (ГГц)	17,70–19,70		21,20–23,60		24,25–29,50		31,8–33,4		38,60–40,00	
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.595		F.637		F.748		F.1520		F.749	
Модуляция	Центральная станция	Оконечные станции	Центральная станция	Оконечные станции	Центральная станция от QPSK до 16-QAM ⁽⁷⁾	Оконечные станции от QPSK до 16-QAM ⁽⁷⁾	Центральная станция	Оконечные станции	Центральная станция	Оконечные станции
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	2,5; 5; 10; 20; 30; 40; 50	2,5; 5; 10; 20; 30; 40; 50	3,5; 7; 14; 28	3,5; 7; 14; 28	3,5; 7; 14; 28; 30 ⁽³⁾ ; 56; 112; 40 ⁽⁵⁾ ; 60 ⁽⁵⁾	3,5; 7; 14; 28; 30 ⁽³⁾ ; 56; 112; 40 ⁽⁵⁾ ; 60 ⁽⁵⁾	3,5; 7; 14; 28; 56 ⁽⁵⁾ ; 112; 168	3,5; 7; 14; 28; 56 ⁽⁵⁾ ; 112; 168	50 ⁽⁵⁾ , 60 ⁽⁵⁾	50 ⁽⁵⁾ , 60 ⁽⁵⁾
Диапазон выходной мощности Tx (дБВт)					–19	–39...–19				
Диапазон плотности выходной мощности Tx (дБВт/МГц) ⁽¹⁾					–33,8 ⁽⁶⁾	–53,8... –33,8 ⁽⁶⁾				
Диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)					0	0				
Тип антенны и диапазон коэффициента усиления (дБи)					6,5 (всенаправ- ленная)...	31,5 (плоская)...				
Диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)					–12,5...	–7,5...12,5				
Диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц) ⁽¹⁾					–27,3 ⁽⁶⁾	–22,3...–2,3 ⁽⁶⁾				
Типичный коэффициент шума приемника (дБ)					8	8				
Типичная плотность мощности шума приемника (=N _{RX}) (дБВт/МГц)					–136	–136				
Нормированный входной уровень Rx для BER 1 × 10 ^{–6} (дБВт/МГц)					–122,5... –115,5	–122,5... –115,5				
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц) ⁽²⁾	N _{RX} + I/N	N _{RX} + I/N	N _{RX} + I/N	N _{RX} + I/N	–136 + I/N	–136 + I/N	N _{RX} + I/N	N _{RX} + I/N	N _{RX} + I/N	N _{RX} + I/N

Дополнение 1 к Приложению 2

Примеры исследований статистического распределения

Значения, приведенные в следующих примерах, получены путем анализа некоторых сетей РР в сетях инфраструктуры подвижной связи, при этом статистические функции привязаны к статистике базовых станций подвижной связи на территории одной администрации. Указанные сети описываются следующим образом:

- 1335 линий с диапазоном протяженности 16–0,4 км в диапазоне 11 ГГц;
- 1285 линий с диапазоном протяженности 8,7–0,1 км в диапазоне 15 ГГц;
- 1058 линий с диапазоном протяженности 5,1–0,1 км в диапазоне 18 ГГц.

Полученные в результате статистические распределения э.и.и.м. для этих линий представлены в таблице 13.

ТАБЛИЦА 13

Разность между теоретическим максимумом и статистическим разбросом фактических значений э.и.и.м.; на примере трех систем одной администрации

Полоса частот (ГГц)	10,715–10,955 11,245–11,485	14,5–14,660 14,970–15,130	17,850–17,970 18,600–18,720
Теоретический максимум ^(*)	40,3	38,1	35
Фактический максимальное значение	38,8	35,4	33
Фактическое среднее значение (μ)	31,7	28,4	22,8
Стандартное отклонение фактических значений (σ)	3,2	3,2	4,3
Разность между теоретическим и фактическим максимальными значениями	1,5	2,7	2
$\mu + 2\sigma$	38,1	34,8	31,4
Теоретический максимум ($\mu + 2\sigma$)	2,2	3,3	3,6
$\mu + 1,64\sigma$	37	33,7	29,9
Теоретический максимум ($\mu + 1,64\sigma$)	3,3	4,4	5,1

^(*) Теоретический максимум = выходная мощность T_x (максимальная) – потери в фидере/мультиплексоре (минимальные) + коэффициент усиления антенны (максимальный), это значение может и не быть фактическим максимальным значением.

Значения разности между теоретическим и фактическим максимальными уровнями лежат в диапазоне от 1,5 до 2,7 дБ. Фактические данные передатчика для этих систем включают более 2000 точек данных. Затем, предполагая, что массив данных, содержащий более 2000 точек, подчиняется нормальному распределению, можно вычислить значения 2σ и $1,64\sigma$. Здесь σ – стандартное отклонение, а μ – среднее значение. Порядка 95% точек данных находятся в пределах 2σ от среднего значения, и около 90% – в пределах $1,64\sigma$ от среднего значения. Уровень э.и.и.м. снижается от теоретического максимума примерно на 3 дБ для 95% точек и на 4 дБ для 90%.

Следует отметить, что подобный анализ может привести к несколько различающимся результатам в зависимости от статистического распределения данных.

Тем не менее можно показать, что на практике существует некоторая разность между теоретическим максимумом и максимальными значениями фактических данных.

Приложение 3

Другие конкретные параметры систем ФС

В настоящем Приложении также представлены реальные системы, развернутые на протяжении определенного времени. Некоторые из этих параметров могут быть устаревшими, но дело в том, что от администраций пока не поступало обновленных сводных наборов параметров; тем не менее приведенные параметры могут все же использоваться, если в таблицах Приложения 2 отсутствуют справочные данные по системам для рассматриваемых полос частот.

Настоящее Приложение создано на базе Отчета МСЭ-R F.2108. Обновлено следующие термины:

Термины "Концентратор", "Базовая станция", "Центральная станция" сведены в единый термин "Центральная станция".

Термины "Удаленная станция" ("Remote station", "Out station"), "Оконечная станция" сведены в единый термин "Оконечная станция".

ТАБЛИЦА 14^(*)

Параметры систем для систем РР ФС в распределенных полосах частот ниже 3 ГГц

Полоса частот (ГГц)	0,4061–0,450		1,350–1,530		1,700–2,100 1,900–2,300		1,900–2,300		2,290–2,670
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.1567		F.1242		F.382		F.1098		F.1243
Модуляция	QPSK	32-QAM	MSK	QPSK	O-QPSK	QPSK	QPSK	256-QAM	MSK
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 ; 0,3; 0,5; 0,6; 0,75; 1; 1,75; 3,5	0,05; 0,1; 0,15; 0,2 ; 0,25; 0,3; 0,5; 0,6; 0,75; 1; 1,75 ; 3,5	0,25; 0,5; 1; 2 ; 3,5	0,25; 0,5; 1; 2 ; 3,5	29	29	1,75; 2,5 ; 3,5; 7 ; 10; 14	1,75; 2,5; 3,5 ; 7; 10; 14	0,25; 0,5; 1; 1,75; 2; 2,5; 3,5; 7; 14
Максимальный диапазон выходной мощности Tx (дБВт)	7	0	7	0...7	7	3	-9...7	-1...2	5
Максимальный диапазон плотности выходной мощности Tx (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	1,6...13	-2,4...7,0	4,0	-3,0...7	-7,6	-12	-14...-1,5	-6,4...-3,4	-6,5
Минимальный диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)	2	2	5	1...5	3	1	3...6	0...2	4
Максимальный диапазон коэффициента усиления антенны (дБи)	25	25	16	16...33	33	31	28...30	33...38	25
Максимальный диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)	30	23	20	20...39	40	34	14...30	32...40	26
Максимальный диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	25...36	21...30	17	17...39	25	19	10...19	27...35	15
Коэффициент шума приемника (дБ)	5	3,5	4	4...7	4	4	4...6	3...4	4
Типичная плотность мощности шума приемника ($=N_{RX}$) (дБВт/МГц)	-139	-140,5	-140	-140...-137	-140	-140	-140...-138	-141...-140	-140
Нормированный входной уровень Rx для BER 1×10^{-6} (дБВт/МГц)	-125,5	-117	-126,5	-126,5... -123,5	-126,5	-126,5	-126,5... -124,5	-108,4... -107,4	-126,5
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц) ⁽²⁾	-139 + I/N	-140,5 + I/N	-140 + I/N	-140... -137 + I/N	-140 + I/N	-140 + I/N	-140... -138 + I/N	-141... -140 + I/N	-140 + I/N

(*) Для каждой полосы частот в таблицах 14–17 два столбца относятся к репрезентативным данным для более простых и более сложных систем соответственно (см. п. 4.3 в Приложении 2).

(1) Для расчета значений плотности э.и.и.м. Tx необходимо определить разнос/ширину полосы канала. В приведенных таблицах используются цифры разнеса канала, обозначенные **полужирным шрифтом**.

(2) Номинальная плотность мощности долговременной помехи определяется следующим образом: "Плотность мощности шума приемника + (требуемое отношение I/N)", как описано в п. 4.13 Приложения 2 (см. также п. 4.1 в Приложении 1).

ТАБЛИЦА 15^(*)

Параметры систем для систем РР ФС в распределенных полосах частот между 3 и 12 ГГц

Полоса частот (ГГц)	3,600–4,200		3,700–4,200	10,5–10,68	
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.635		F.382	F.747	
Модуляция	64-QAM	512-QAM	QPSK	QPSK(3)	128-TCM
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	10, 30 , 40, 60, 80, 90	10, 30, 40 , 60, 80, 90	28, 29	1,25; 2,5; 3,5; 7	1,25; 2,5 ; 3,5; 7
Максимальный диапазон выходной мощности Тх (дБВт)	–1	7	0	–2	–3
Максимальный диапазон плотности выходной мощности Тх (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	–16...–11	–9,0	–15	–10	–7,0
Минимальный диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)	0	3	3	0	0
Максимальный диапазон коэффициента усиления антенны (дБи)	42	40	37	49	51
Максимальный диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)	41	44	38	47	48
Максимальный диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	26...31	28	23	39	44
Коэффициент шума приемника (дБ)	3	2	4	3	4
Типичная плотность мощности шума приемника ($=N_{RX}$) (дБВт/МГц)	–141	–142	–140	–141	–140
Нормированный входной уровень Rx для BER 1×10^{-6} (дБВт/МГц)	–114,5	–106,5	–126,5	–127,5	–116,4
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц) ⁽²⁾	–141 + I/N	–142 + I/N	–140 + I/N	–141 + I/N	–140 + I/N

⁽³⁾ Описываются два вида модуляции (QPSK и 4-FSK) и выбрана модуляция QPSK.

ТАБЛИЦА 16^(*)

Параметры систем для систем РР ФС в распределенных полосах частот выше 12 ГГц

Полоса частот (ГГц)	12,75–13,25	51,4–52,6	
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.497	F.1496	
Модуляция	QPSK	4-FSK	32-QAM
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	3,5; 7; 14; 28	3,5; 7; 14; 28; 56	3,5; 7; 14; 28; 56
Максимальный диапазон выходной мощности Tx (дБВт)	10	–20	–20
Максимальный диапазон плотности выходной мощности Tx (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	–4,5...4,6	–34...–25	–31
Минимальный диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)	0	0	0
Максимальный диапазон коэффициента усиления антенны (дБи)	49	50	50
Максимальный диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)	45	30	30
Максимальный диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	31...40	16...25	19
Коэффициент шума приемника (дБ)	10	11	7
Типичная плотность мощности шума приемника ($=N_{RX}$) (дБВт/МГц)	–134	–133	–137
Нормированный входной уровень Rx для BER 1×10^{-6} (дБВт/МГц)	–120,5	–109,9	–113,5
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц) ⁽²⁾	$-134 + I/N$	$-133 + I/N$	$-137 + I/N$

ТАБЛИЦА 17^(*)

**Параметры систем для линий связи РМР ФС в распределенных
полосах частот ниже 11 ГГц**

Полоса частот (ГГц)	1,35–2,69 (субполоса 1,35–2,5)	
Ссылка на Рекомендацию МСЭ-R	F.701	
Формат модуляции	Центральные станции QPSK ⁽⁴⁾	Оконечные станции QPSK ⁽⁴⁾
Разнос каналов и ширина полосы шума приемника (МГц)	2; 3,5 ⁽⁵⁾	2; 3,5 ⁽⁵⁾
Максимальный диапазон выходной мощности Tx (дБВт)	0...7	0...7
Максимальный диапазон плотности выходной мощности Tx (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	–3,0...1,6	–3,0...1,6
Минимальный диапазон потерь в фидере/мультиплексоре (дБ)	0...4,4	0...4
Максимальный диапазон коэффициента усиления антенны (дБи)	13 (всенаправленная/ секторная) ... 17 (всенаправленная/ секционная)	17,5 (волновой канал/рупорная) ... 27 (параболическая/ рупорная)
Максимальный диапазон значений э.и.и.м. (дБВт)	6...24	16...34
Максимальный диапазон плотности э.и.и.м. (дБВт/МГц) ⁽¹⁾	3,0...19	13...29
Коэффициент шума приемника (дБ)	3,5...4	3,5...4
Типичная плотность мощности шума приемника (= N_{RX}) (дБВт/МГц)	–140,5...–140	–140,5...–140
Нормированный входной уровень Rx для BER 1×10^{-6} (дБВт/МГц)	–127...–126,5	–127...–126,5
Номинальная плотность мощности долговременной помехи (дБВт/МГц) ⁽²⁾	–140,5...–140 + I/N	–140,5...–140 + I/N

⁽⁴⁾ Имеются системы, использующие модуляцию O-QPSK и QPSK в данной полосе частот, и выбрана система QPSK, так как она обладает всеми подходящими параметрами.

⁽⁵⁾ В Рекомендации МСЭ-R F.701 приведен лишь базовый интервал 0,5 МГц (или кратное ему целое значение). Значения 2 и 3,5 МГц предложены в качестве наиболее распространенных разносов канала для этих систем.