

**МСЭ-R**

Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R F.2119-0**  
(01/2019)

**Руководство по техническим параметрам  
и методикам проведения исследований  
совместного использования частот  
и совместимости применительно  
к фиксированной и сухопутной  
подвижной службам в диапазоне частот  
1,5–30 МГц**

**Серия F**  
**Фиксированная служба**



## 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 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)
<b>F</b>	<b>Фиксированная служба</b>
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, 2019 г.

© ITU 2019

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.2119-0

**Руководство по техническим параметрам и методикам проведения исследований совместного использования частот и совместимости применительно к фиксированной и сухопутной подвижной службам в диапазоне частот 1,5–30 МГц**

(2019)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации содержится руководство по проведению исследований совместного использования частот применительно к системам фиксированной и сухопутной подвижных служб в диапазоне частот 1,5–30 МГц. Определен перечень характеризующих систему параметров в помощь при проведении исследований совместного использования частот, представлена информация о методиках, которые могут использоваться для анализа совместного использования частот фиксированной и сухопутной подвижной службами в этом диапазоне частот. В настоящую Рекомендацию включен также перечень соответствующих Рекомендаций, Отчетов и Справочников МСЭ-R.

**Связанные Рекомендации, Отчеты и Справочники МСЭ**

См. Приложение 3.

**Ключевые слова**

ВЧ-системы фиксированной и подвижной служб, технические характеристики для совместного использования частот, критерии защиты

**Сокращения/гlossарий**

AWGN	Additive white Gaussian noise		Аддитивный белый гауссов шум
BER	Bit error ratio		Коэффициент ошибок по битам
FOT	Frequency of optimum transmission		Частота оптимальной передачи
HF	High frequency	ВЧ	Высокая частота/высокочастотный
$I/N$	Interference-to-noise ratio		Отношение помеха/шум
MUF	Maximum usable frequency		Максимальная применимая частота
SNIR	Signal-to-noise plus interference, $S/(N+I)$ , ratio		Отношение сигнала к шуму и помехам $S/(N+I)$
SNR	Signal-to-noise, $S/N$ , ratio		Отношение сигнала к шуму $S/N$
SSN	Smoothed sunspot number		Выровненное количество солнечных пятен

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

что технические характеристики систем фиксированной и сухопутной подвижной служб в диапазоне частот 1,5–30 МГц могут изменяться,

*отмечая*

перечень соответствующих Рекомендаций, Отчетов и Справочников, приведенный в Приложении 3,

*рекомендует*

- 1 использовать перечень параметров, приведенный в Приложении 1, в качестве руководства по характеристикам систем фиксированной и сухопутной подвижной служб, пригодным для применения в исследованиях совместного использования частот в диапазоне частот 1,5–30 МГц;
- 2 использовать Приложение 2 в качестве руководства по определению моделей для проведения исследований совместного использования частот.

## Приложение 1

### Технические параметры систем фиксированной и сухопутной подвижной служб в диапазоне частот 1,5–30 МГц для исследований совместного использования частот и совместимости

#### 1 Введение

Для проведения любого исследования совместного использования частот необходимо иметь характеристики систем, которые должны совместно использовать спектр. В разделе 2 содержится перечень параметров, значения которых должны характеризовать систему, для применения в исследованиях совместного использования частот.

Руководство, приведенное в настоящей Рекомендации, содержит также ссылки на различные Рекомендации МСЭ-R, затрагивающие вопросы прогнозирования распространения радиоволн<sup>1</sup>.

#### 2 Общий перечень параметров

Желательно, чтобы в исследованиях совместного использования частот в диапазоне 1,5–30 МГц применялись характеристики фиксированной и сухопутной подвижной служб, приведенные в таблице ниже. Следует отметить, что часть из приведенных ниже параметров применима только для некоторых систем, поэтому при проведении исследований совместного использования частот конкретными системами следует внимательно отнестись к выбору соответствующих параметров и их значений.

---

<sup>1</sup> Ссылки на программные модели, связанные с некоторыми Рекомендациями МСЭ-R по распространению радиоволн, упомянутыми в настоящей Рекомендации, могут быть размещены на веб-сайте МСЭ по следующему адресу: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/Pages/iono-tropo-spheric.aspx>. Этот раздел содержит программное обеспечение для анализа ионосферного и тропосферного распространения радиоволн и радишума, а также соответствующие данные и примеры проверки их корректности.

ТАБЛИЦА 1

## Общий перечень параметров с примерами значений

<p>Общие параметры</p> <p>Диапазон частот, МГц: 1,5–30</p> <p>Тип передачи: аналоговая J3E, В8E или цифровая</p> <p>Скорость передачи данных, бит/с: 2400, 3200, 4800, 9600</p> <p>Тип развертывания: фиксированное или сухопутное подвижное</p> <p>Периоды оценки: январь, апрель, июль и октябрь</p> <p>Время выборки: один раз в четыре часа</p> <p>Количество солнечных пятен (SSN): 10, 100, 200</p> <p>Удельная электропроводность почвы, См/м: 0,005</p> <p>Диэлектрическая проницаемость почвы: 13</p>
<p>Система</p> <p>Ширина полосы канала, кГц:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 для J3E (телефония с одной боковой полосой и подавленной несущей);</li> <li>• 3 для В8E (двухканальная телефония с независимыми боковыми полосами);</li> <li>• до 40 для цифровой передачи.</li> </ul> <p>Трасса распространения: ионосферная или земная</p> <p>Типичный класс обслуживания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• J3E (телефония с одной боковой полосой и подавленной несущей): <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 47 дБ/Гц (пригодно только для распространения земной волны);</li> <li>○ 48 дБ/Гц (пригодно только для распространения ионосферной волны);</li> </ul> </li> <li>• В8E (двухканальная телефония с независимыми боковыми полосами): <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 49 дБ/Гц (пригодно только для распространения земной волны);</li> <li>○ 50 дБ/Гц (пригодно только для распространения ионосферной волны).</li> </ul> </li> <li>• Класс излучения J2D (для <math>BER \leq 1,0 \times 10^{-5}</math>): <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2400 бит/с, земная волна: 40 дБ/Гц;</li> <li>○ 2400 бит/с, ионосферная волна: 46 дБ/Гц;</li> <li>○ 3200 бит/с, земная волна: 43 дБ/Гц;</li> <li>○ 3200 бит/с, ионосферная волна: 49 дБ/Гц;</li> <li>○ 4800 бит/с, земная волна: 47 дБ/Гц;</li> <li>○ 4800 бит/с, ионосферная волна: 54 дБ/Гц;</li> <li>○ 9600 бит/с, земная волна: 56 дБ/Гц;</li> <li>○ 9600 бит/с, ионосферная волна: 66 дБ/Гц.</li> </ul> </li> </ul> <p>Расстояние между передатчиком и приемником, км: 100 (короткое), 1500 (среднее) и 5000 (дальнее)</p>
<p>Передатчик</p> <p>Местоположение (относительно местоположения приемника, подвергающегося воздействию помехи): север, юг, восток и запад</p> <p>Выходная мощность, Вт: 100 (низкая), 1000 (средняя) и 10 000 (высокая)</p> <p>Потери в фидерной линии, дБ: 3,6 для систем с выносной антенной системой в верхней части полосы частот</p> <p>Тип антенны (антенных систем): симметричный вибратор, несимметричный вибратор, логопериодическая антенна, ромбовидная, V-образная или рамочная антенна (в том числе ЕН-антенна)</p>
<p>Приемник</p> <p>Критерии защиты, дБ: <math>S/(N + I)</math> (снижение класса обслуживания в присутствии помех), <math>SNR^2</math></p> <p>Тип антенны (антенных систем): те же, что и для передатчика</p>

<sup>2</sup> Значения SNR для требуемого класса обслуживания применительно к трассам распространения земной волны типа "стабильные условия" и "канал AWGN", а также к трассам распространения ионосферной волны типа "условия замирания" приведены в таблицах, содержащихся в Рекомендации МСЭ-R F.339.

В указанных в приведенной выше таблице типах антенн и антенных систем учтены все конкретные характеристики конфигурации антенной системы, включая высоту антенны, ее усиление, расстояние между элементами, удельную электропроводность почвы и т. д. Эти параметры конфигурации должны рассчитываться совместно на конкретной частоте для определения типа антенны. В дальнейших исследованиях, посвященных этим типам антенн, можно также рассматривать диаграммы направленности таких систем.

Для исследований, в которых рассматривается влияние соседнего канала, характеристики излучений и защитных масок могут быть взяты из Рекомендации МСЭ-R SM.1539.

## Приложение 2

### Методики проведения исследований совместного использования частот и совместимости применительно к системам фиксированной и сухопутной подвижной служб в диапазоне частот 1,5–30 МГц

#### 1 Введение

Первым шагом в любом исследовании совместного использования частот является описание относящихся к анализируемым системам среды, конфигурации системы и условий совместного использования частот. Необходимо рассматривать два типа условий совместного использования частот и совместимости: внутри полосы, когда системы совместно используют ту же полосу частот, и анализ в соседней полосе, когда нежелательные излучения одной системы могут воздействовать на радиоприемники, работающие в соседней полосе.

В разделе 2 описаны методики, которые могут применяться для анализа совместного использования частот фиксированной и сухопутной подвижной службами.

#### 2 Методики проведения исследований совместного использования частот и совместимости

Существуют два основных режима распространения СЧ/ВЧ<sup>3</sup>-радиоволн, связанных с передачей на СЧ/ВЧ – ионосферная волна и земная волна. Режим распространения зависит от расстояния разноса между передатчиком и приемником и может повлиять на СЧ/ВЧ-системы, которые работают на одинаковых частотах. Мешающий сигнал может распространяться по земной или ионосферной трассе, поэтому расчеты следует выполнять для обоих случаев, если мешающий передатчик находится в радиусе распространения земной волны. Спектр СЧ/ВЧ обладает уникальными характеристиками по сравнению с диапазонами более высоких частот. Средний уровень мощности принятого сигнала или помехи (или обоих) в СЧ/ВЧ-системах может в значительной степени изменяться со временем. При проведении анализа систем, работающих на частотах выше 30 МГц, в ходе исследований совместного использования частот нередко в качестве принятой методики применяется анализ отношения помеха/шум ( $I/N$ ) путем учета вклада мешающего сигнала в ухудшение минимального уровня шума. Однако в случае СЧ/ВЧ-систем анализ на основе отношения  $I/N$  не учитывает тот факт, что некоторые ионосферные линии работают с достаточно высоким энергетическим запасом, при котором небольшие изменения эффективного минимального уровня шума не оказывают значительного влияния на класс обслуживания. Превышение уровня помех над уровнем шума необязательно будет настолько значительным, чтобы результирующее отношение сигнала к шуму и помехам (SNIR) ухудшило

---

<sup>3</sup> В Регламенте радиосвязи МСЭ-R термин "СЧ" обозначает диапазон частот 300–3000 кГц, а термин "ВЧ" – диапазон частот 3–30 МГц. Руководство для СЧ/ВЧ-систем, представленное в настоящей Рекомендации, ограничено диапазоном частот 1,5–30 МГц.

показатели системы применительно к минимальному отношению сигнала к шуму (SNR), связанному с желаемым для этой системы классом обслуживания.

Наряду с этим анализ на основе отношения  $I/N$  не учитывает, что если мешающий сигнал может распространяться в местоположение, где отношение  $I/N$  превысит заданный уровень, полезный сигнал рассматриваемой линии на конкретной исследуемой частоте необязательно будет с достаточной вероятностью распространяться в это местоположение. Следовательно, даже если возможно превышение критерия  $I/N$ , приемник не будет работать на частоте мешающего сигнала, так как на этой частоте невозможно обеспечить работу полезной линии в данном местоположении. Согласно подходу на основании  $I/N$ , анализируемая частота может отстоять достаточно далеко от частоты оптимальной передачи (FOT), поэтому маловероятно, что полезная линия будет работать на частоте, близкой к исследуемой частоте. В целом ионосферные СЧ/ВЧ-линии не рассчитаны на работу в качестве схем с ограниченной шумом чувствительностью. Ввиду изменчивости характеристик ионосферы СЧ/ВЧ-системы используют не одну частоту, и надлежащая рабочая частота выбирается в зависимости от действующих параметров.

## 2.1 Режим ионосферного распространения

Для проведения исследований совместного использования частот и совместимости с моделированием работы ВЧ-систем рекомендуется следующая методика.

*Шаг 1:* Определить пригодность частоты для линии, подвергающейся воздействию помех, используя параметры, приведенные в таблице 1 Приложения 1. Прогнозирование ионосферного распространения сигнала в диапазоне частот 2–30 МГц следует выполнять согласно Рекомендации МСЭ-R P.533<sup>4</sup>. Оптимальная работа ионосферных СЧ/ВЧ-радиолиний достигается на частотах в окне от –25 до +10% от максимальной применимой частоты (MUF). На частотах выше +10% от MUF рабочие характеристики с высокой вероятностью окажутся неудовлетворительными, а на частотах ниже –25% от MUF, скорее всего, окажется ненадлежащим отношение сигнала к шуму. Таким образом, при анализе помех в рамках любого исследования совместного использования частот следует рассматривать рабочие частоты, находящиеся в указанном выше окне относительно MUF. Если рассматриваемая частота для заданных времени, месяца и количества солнечных пятен выходит за пределы этого окна частот, следует предполагать, что подвергающаяся воздействию помех линия не работает на этой частоте.

*Шаг 2:* Определить работоспособность линии, подвергающейся воздействию помех, в соответствии с требуемым классом обслуживания в окне рабочих частот, установленном на первом шаге. Оценка медианного отношения сигнала к шуму для системы, подвергающейся воздействию помех, производится согласно Рекомендации МСЭ-R P.533 для заданных количества солнечных пятен, времени года и отрезка времени. В случае если установлено, что линия, подвергающаяся воздействию помех, способна обеспечить требуемый уровень обслуживания, уровень мешающего сигнала возможно прогнозировать на следующем шаге.

*Шаг 3:* Для отрезков времени, в течение которых линия, подвергающейся воздействию помех, может работать, обеспечивая требуемый или более высокий класс обслуживания, определить мощность мешающего сигнала на принимающем помехи приемнике согласно Рекомендации МСЭ-R P.533. После этого оценить SNIR для определения периодов времени, в течение которых рабочие характеристики линии снижаются до уровня, не обеспечивающего требуемый класс обслуживания. Требуемые значения SNR на трассе ионосферной волны для различных типов излучения и классов обслуживания (в условиях замирания) приведены в Рекомендации МСЭ-R F.339. Передатчик следует располагать к северу и югу от приемника на коротком, среднем и дальнем расстояниях от него. Источник мешающего сигнала следует также располагать по четыре стороны света от принимающего помехи приемника на коротком, среднем и дальнем расстояниях от последнего в зависимости от характера анализируемой ситуации. Анализ следует повторить при низких и высоких значениях количества солнечных пятен для различных значений времени года и времени дня.

---

<sup>4</sup> С Рекомендацией МСЭ-R P.533 связаны программные модели REC533 и ITURHFPROP.

*Шаг 4:* Рассчитать значение готовности линии, подвергающейся воздействию помех, в присутствии и в отсутствие помех. Прогноз распространения, выполненный согласно Рекомендации МСЭ-R P.533, дает значение готовности как вероятность уровня сигнала во временном окне, равном одному часу в день, в течение одного месяца. Передачи линии, подвергающейся воздействию помех, и мешающей линии следует предполагать независимыми, и их общую вероятность следует использовать для определения длительности воздействия помех. Например, если в течение заданного часа на протяжении месяца вероятность готовности подвергающейся воздействию помех линии определена равной 50%, а мешающий сигнал достигает принимающего помехи приемника с вероятностью 50%, то длительность интервала времени, в течение которого будут ухудшены рабочие характеристики линии, подвергающейся воздействию помех, определяется путем вычисления совместной вероятности этих двух событий, которая в данном примере составляет 25%. В отсутствие мешающего передатчика линия, подвергающаяся воздействию помех, будет работоспособна в течение 15 из 30 часов для данного месяца и временного окна, а в присутствии мешающего передатчика период ее работоспособности сократится до 7,5 часов для данного месяца и временного окна.

При проведении исследований совместного использования частот в этой полосе в условиях ионосферного распространения следует учитывать, что зоны покрытия или помех зависят от времени дня, времени года и 11-летних циклов солнечной активности. По этой причине в ВЧ-системах частота передачи может меняться более одного раза в день. Таким образом необходимо регулярно (например, каждые четыре часа) заново определять параметры исследования.

## 2.2 Режим земного распространения

Оценка медианного отношения сигнала к шуму для системы, подвергающейся воздействию помех, производится согласно Рекомендации МСЭ-R P.368<sup>5</sup> для различных значений времени года и интервалов времени на протяжении одного года, после чего рассчитывается SNIR. Уровень шума вычисляется согласно Рекомендации МСЭ-R P.372. Для периодов, когда SNR линии, подвергающейся воздействию помех, превышает порог, при котором обеспечивается требуемый уровень обслуживания, оценивается SNIR, чтобы определить интервал времени, в течение которого характеристики линии снижаются ниже требуемого уровня. Значения SNR в диапазоне частот 3–30 МГц для стабильных условий приведены в Рекомендации МСЭ-R F.339.

Мешающий сигнал может распространяться по земной или ионосферной трассе, и в соответствии с этим выполняются расчеты. Расстояние между передатчиком и приемником системы, подвергающейся воздействию помех, должно находиться в пределах дальности распространения земных волн, а мешающий передатчик может находиться как в пределах дальности распространения земных волн, так и на коротком, среднем или дальнем расстояниях, характерных для ионосферного режима распространения.

## 3 Анализ для случая помех от адаптивных систем

В случаях когда источником помех является адаптивная система, работающая в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R F.1778, анализ в рамках исследования совместного использования частот может проводиться, как описано выше в разделе 2. В случае если уровень сигнала линии, подвергающейся воздействию помех, на приемнике адаптивной системы превышает пороговые значения, установленные Рекомендацией МСЭ-R F.1778, можно предполагать, что адаптивная система успешно обнаружила сигнал линии, подвергающейся воздействию помех, и что была произведена перестройка частоты во избежание создания помех последней. Если же уровень принятого сигнала ниже пороговых значений, установленных Рекомендацией МСЭ-R F.1778, передачи адаптивной системы можно считать помехой и анализировать воздействие этой помехи в соответствии с надлежащим режимом распространения (ионосферным или земным).

---

<sup>5</sup> С Рекомендацией МСЭ-R P.368 связана программная модель GRWAVE.



## Приложение 3

### Справочные документы

В следующих Рекомендациях и Отчетах МСЭ-R приведены характеристики систем фиксированной и сухопутной подвижной служб в диапазоне частот 1,5–30 МГц, подлежащие применению в исследованиях совместного использования частот. Возможно также применение других Рекомендаций и Отчетов.

Рекомендация МСЭ-R F.240 – Защитное отношение сигнал-помеха для различных классов излучения в фиксированной службе на частотах ниже примерно 30 МГц

Рекомендация МСЭ-R F.339 – Ширина полосы частот, отношения сигнал-шум и допуски на замирания в ВЧ-системах фиксированной и сухопутной подвижной радиосвязи

Рекомендация МСЭ-R F.1778 – Требования в отношении доступа к каналам для адаптивных ВЧ-систем фиксированной и сухопутной подвижной служб

Рекомендация МСЭ-R F.1821 – Характеристики усовершенствованных цифровых высокочастотных (ВЧ) систем радиосвязи

Рекомендация МСЭ-R P.368 – Кривые распространения земной волны для частот между 10 кГц и 30 МГц

Рекомендация МСЭ-R P.372 – Радиошум

Рекомендация МСЭ-R P.533 – Метод для прогнозирования рабочих характеристик ВЧ-линий

Рекомендация МСЭ-R SM.1539 – Изменение границы между областью внеполосных излучений и областью побочных излучений, необходимое для применения Рекомендаций МСЭ-R SM.1541 и МСЭ-R SM.329

Report ITU-R F.2263 – Reliability calculations for adaptive HF fixed service networks

Справочник МСЭ-R – Частотно-адаптивные системы и сети связи в СЧ/ВЧ-полосах частот

---