

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R SA.1164-3
(12/2018)

Критерии совместного использования частот и критерии координации для служебных линий систем сбора данных, использующих спутники ГСО, в спутниковой службе исследования Земли и в метеорологической спутниковой службе

Серия SA
Космические применения и метеорология



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)
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, 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 SA.1164-3

Критерии совместного использования частот и критерии координации для служебных линий систем сбора данных, использующих спутники ГСО, в спутниковой службе исследования Земли и в метеорологической спутниковой службе

(Вопрос МСЭ-R 142/7)

(1995-1997-1999-2018)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены критерии совместного использования частот и критерии координации для защиты служебных линий систем сбора данных в спутниковой службе исследования Земли и метеорологической спутниковой службе, определенные с использованием критериев суммарных помех, которые приведены в Рекомендации МСЭ-R SA.1163.

Ключевые слова

Критерии совместного использования частот, критерии координации, предельные уровни мощности, системы сбора данных.

Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ-R

Рекомендации МСЭ-R SA.1023: Методика определения критериев совместного использования частот и координации для систем спутниковой службы исследования Земли и метеорологической спутниковой службы

Рекомендации МСЭ-R SA.1163: Критерии помех для служебных линий систем сбора данных и систем на платформах в спутниковой службе исследования Земли и метеорологической спутниковой службе

Рекомендации МСЭ-R SM.1448: Определение координационной зоны вокруг земной станции в полосах частот между 100 МГц и 105 ГГц

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что полосы частот, распределенные спутниковой службе исследования Земли (ССИЗ) (включая метеорологическую спутниковую службу (MetSat)), могут совместно использоваться несколькими системами, в том числе работающими в других службах;
- b)* что в Рекомендации МСЭ-R SA.1163 указаны критерии помех, необходимые для определения критериев совместного использования частот;
- c)* что критерии совместного использования частот могут быть определены с использованием методики, описанной в Рекомендации МСЭ-R SA.1023;
- d)* что типовое развертывание станций, создающих помехи, может в течение несколько лет измениться в результате роста числа систем и пересмотра распределений полос частот всемирными конференциями радиосвязи;
- e)* что администрации путем регулирования использования радиочастотного спектра на своей территории и проведения международной координации частотных присвоений могут осуществлять определенный контроль над целым рядом систем, способных создавать помехи значительных уровней;

f) что мала вероятность того, что уровни помех, которые воздействуют на земные станции MetSat, работающие на борту судов, превысят уровни помех, которые воздействуют на земные станции, работающие на суше;

g) что в Рекомендации МСЭ-R SM.1448 приведены методики определения необходимости координации передающих наземных станций и земных станций,

рекомендует

1 использовать для защиты станций, работающих в ССИЗ и MetSat, уровни единичных помех, которые указаны в таблице 1 и определены на основе приведенного в Приложении 1 анализа, в качестве критериев совместного использования частот и координации или в качестве основы для альтернативных форм критериев совместного использования частот (например, пределов п.п.м.);

2 использовать в качестве порога для координации передающих космических станций и приемных земных станций, работающих в MetSat, пиковое повышение эквивалентной шумовой температуры линии на 6%;

3 периодически анализировать распределение источников помех, приведенное в Приложении 1, а также в Приложении 2 для полосы 401–403 МГц, в целях определения необходимости пересмотра типовой помеховой обстановки и обусловленных ею критериев совместного использования частот.

ТАБЛИЦА 1

Критерии совместного использования частот для станций,
работающих в ССИЗ и MetSat

Полоса частот (МГц)	Станция, на которую воздействуют помехи	Мощность мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы, которая не должна превышаться в течение более 20% времени		Мощность мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы, которая не должна превышаться в течение более p% времени	
		Трасса космос-Земля	Наземная трасса	Трасса космос-Земля	Наземная трасса
401–403 Земля-космос	Космическая станция	–201,5 дБВт в полосе 100 Гц ^{(2), (3)}	–201,5 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾	–186,4 дБВт в полосе 100 Гц ^{(1), (3)} <i>p</i> = 0,075	–187,7 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾ <i>p</i> = 0,025
1 670–1 690 космос-Земля	Земная станция	–218,8 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾	–198,8 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾	–195,1 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾ <i>p</i> = 0,0025	–193,6 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾ <i>p</i> = 0,011
2 025–2 110 Земля-космос	Космическая станция	–211,2 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾	–194,3 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾	–187,6 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾ <i>p</i> = 0,0025	–186,0 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾ <i>p</i> = 0,011
460–470 космос-Земля	Земная станция	–207,5 дБВт в полосе 100 Гц ⁽¹⁾	–187,5 дБВт в полосе 100 Гц ⁽¹⁾	–183,9 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾ <i>p</i> = 0,01	–182,3 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾ <i>p</i> = 0,045

⁽¹⁾ Значения мощности мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы указаны для приема при углах места > 5°.

⁽²⁾ Значения мощности мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы указаны для приема при углах места > 3°.

⁽³⁾ В этих значениях учтены несколько источников помех в направлении космос-космос. См. Приложение 2.

Примечания к таблице 1

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Пороговые значения мощности единичного мешающего сигнала, приведенные в таблице 1, соответствуют допустимым уровням мощности мешающих сигналов, находящихся в пределах указанной эталонной ширины полосы. Соответственно при анализе совместного использования частот следует учитывать общую мощность мешающих сигналов, ширина полосы которых уже эталонной ширины полосы. В тех случаях, когда ширина полосы мешающего сигнала превышает эталонную ширину полосы или не полностью перекрывает полосу пропускания конкретного исследуемого приемника, следует применять доступный метод частотно-зависимого подавления в сочетании с указанными допустимыми уровнями помех. За руководством по этому вопросу следует обращаться к соответствующим Рекомендациям МСЭ-R серии SM.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Критерии совместного использования частот могут быть выражены как допустимые значения п.п.м. основного луча приемной антенны путем вычитания $10 \log(G\lambda^2/4\pi)$ из значения, указанного в таблице 1, где G – усиление приемной антенны, а λ – длина волны.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – При выводе вышеупомянутых критериев совместного использования частот из допустимых общих уровней мощности мешающих сигналов не учитывались помехи от побочных излучений.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Указанный уровень мощности единичного мешающего сигнала может быть напрямую преобразован в эквивалентные значения п.п.м. и применяться в качестве таковых только для земных станций, в которых используются неселективные антенны малого усиления.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Для обеспечения допустимых или более низких уровней помех должны соблюдаться как долговременные (20% времени), так и кратковременные (< 1% времени) критерии совместного использования частот.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Критерии совместного использования частот, определенные для наземных трасс распространения мешающих сигналов, применимы к наземным станциям. Критерии для трасс распространения мешающих сигналов космос-Земля также относятся к трассам воздух-земля.

Приложение 1

Основа для определения критериев совместного использования частот и критериев координации

1 Введение

В настоящем Приложении представлена реализация Рекомендации МСЭ-R SA.1023 с использованием критериев помех, определенных в Рекомендации МСЭ-R SA.1163. Допустимые уровни помех в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SA.1023 разбиваются на категории источников помех – космические и наземные, а затем на количество ожидаемых источников помех в каждой категории. Основа для этого распределения приведена в таблице 2, а рассмотрение помеховой обстановки в каждой полосе частот представлено ниже.

2 Полоса 401–403 МГц

Полоса 401–402 МГц распределена на первичной основе вспомогательной службе метеорологии, службе космической эксплуатации (направление космос-Земля), ССИЗ (Земля-космос) и MetSat (Земля-космос), а на вторичной основе – фиксированной и подвижной (за исключением воздушной подвижной) службам. Распределения частот космическим службам в обоих направлениях в указанной полосе обуславливают необходимость учитывать помехи, которые могут возникать в направлении космос-космос. Этот случай более подробно рассматривается в Приложении 2.

Полоса 402–403 МГц распределена на первичной основе вспомогательной службе метеорологии, ССИЗ (Земля-космос) и МетСат (Земля-космос), а на вторичной основе – фиксированной и подвижной (за исключением воздушной подвижной) службам.

Ожидается, что бóльшую часть времени станции служб ССИЗ и МетСат будут создавать более высокие уровни помех, чем наземные службы. В краткосрочной перспективе усиление мешающего сигнала на наземных трассах при распространении и изменчивость местоположения подвижных станций могут привести к аналогичным уровням помех от станций, работающих в направлении космос-Земля, и наземных станций.

3 Полоса 460–470 МГц

Полоса 460–470 МГц распределена подвижной и фиксированной службам на первичной основе, а также метеорологической спутниковой службе. Бóльшую часть времени источником помех являются наземные станции. В течение коротких периодов времени могут ожидать дополнительные помехи со стороны космических систем.

4 Полоса 1670–1690 МГц

Полоса 1670–1690 МГц распределена на первичной основе вспомогательной службе метеорологии, МетСат (космос-Земля) и фиксированной и подвижной службам; полоса 1670–1675 МГц распределена на первичной основе подвижной спутниковой службе (Земля-космос).

5 Полоса 2025–2110 МГц

Полоса 2025–2110 МГц распределена на первичной основе фиксированной и подвижной службам, службе космических исследований (Земля-космос и космос-космос), службе космической эксплуатации (Земля-космос и космос-космос) и ССИЗ (Земля-космос и космос-космос).

ТАБЛИЦА 2

Параметры, используемые для определения критериев совместного использования частот

Полоса частот (МГц)	Долговременное долевое распределение между категориями источников помех		Кратковременное долевое распределение между категориями источников помех		Эквивалентное количество источников долговременных помех		Эквивалентное количество источников кратковременных помех	
	Трасса распространения мешающего сигнала		Трасса распространения мешающего сигнала		Трасса распространения мешающего сигнала		Трасса распространения мешающего сигнала	
	космос- Земля	наземная	космос- Земля	наземная	космос- Земля	наземная	космос- Земля	наземная
401–403	90%	10%	75%	25%	9 ⁽¹⁾	1	1	1
1 670–1 690	1%	99%	10%	90%	1	1	1	2
2 025–2 110	1%	99%	10%	90%	1	2	1	2
460–470	1%	99%	10%	90%	1	1	1	2

⁽¹⁾ В этом значении учтено количество источников помех на трассе космос-Земля со стороны испытывающей помехи линии связи Земля-космос на ГСО. См. Приложение 2.

Приложение 2

Применение критериев совместного использования частот и координации в полосе 401–403 МГц

1 Введение

В настоящем Приложении рассматривается применение критериев совместного использования для защиты систем сбора данных (DCS) в полосе 401–403 МГц с учетом обновлений распределения и предполагаемого использования.

В последнее время растет интерес к использованию небольших спутниковых систем для различных целей, включая программы зондирования Земли и программы связи¹. Владельцы некоторых из этих новых систем подали заявки на использование полосы 401–402 МГц, распределенной службе космической эксплуатации (космос-Земля) на совместной первичной основе со вспомогательной службой метеорологии, спутниковой службой исследования Земли (Земля-космос) (ССИЗ) и метеорологической спутниковой службой (Земля-космос) (МетСат).

Малые спутники могут использовать полосу 401–402 МГц для космической эксплуатации в направлении космос-Земля. Ввиду небольшого размера таких спутников антенны, используемые на них для связи космос-Земля, также могут быть невелики, что ограничивает достижимую величину усиления антенны². Кроме того, вероятно, что поддержание наведения антенны космос-Земля окажется невозможным. Эти факторы могут обусловить значительный уровень мешающей радиочастотной энергии в направлении на геостационарную орбиту, где метеорологические спутники принимают сигналы DCS.

2 Предельные уровни мощности для защиты системы DCS

В настоящем Приложении рассматривается необходимость ограничения мощности для учета передатчиков службы космической эксплуатации в полосе 401–403 МГц для защиты приемных космических станций ССИЗ и МетСат на геостационарных спутниках, когда помехи распространяются в направлении космос-космос. Этот анализ иллюстрирует адаптацию существующих критериев совместного использования частот к особому случаю расширения использования распределения космос-Земля для контроля потенциальных помех работе системы DCS.

В таблице 1 Рекомендации МСЭ-R SA.1163 определены критерии долго- и кратковременных помех в полосе 401–403 МГц. Долговременный критерий, указанный для входа спутникового приемника, составляет –191,5 дБ(Вт/100 Гц). Значение данного критерия актуально для этого анализа, поскольку помехи от полной группировки спутников на низкой околоземной орбите можно охарактеризовать как долговременные со стороны приемника ССИЗ или МетСат, работающего на геостационарной орбите.

¹ См. Отчет МСЭ-R SA.2312-0, Характеристики, определения и потребности в спектре наноспутников и пикоспутников, а также систем, состоящих из таких спутников.

² В таблице 2 Отчета МСЭ-R SA.2312-0 направленность антенн типовых систем наноспутников и пикоспутников описана следующим образом: "Как правило, только одна или две активные антенны на полосу частот, часто всенаправленные (например, ввиду отсутствия механизмов управления ориентацией и/или наведения антенны)".

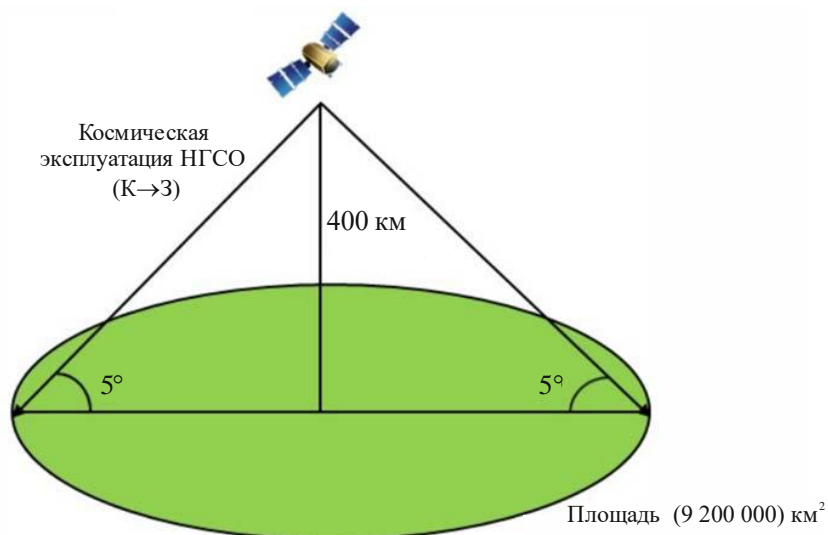
В нижеследующих разделах определяется предельный уровень мощности для защиты приемников ССИЗ и MetSat, а затем он преобразуется в значение п.п.м., которое можно оценить на геостационарной орбите. Описан рациональный метод оценки взаимосвязи критериев суммарных помех и предельных уровней единичных помех в современных условиях быстрого развития космических систем. Сначала рассчитывается вероятное максимальное число видимых спутниковых передатчиков, работающих на одной частоте на низкой околоземной орбите в службе космической эксплуатации. Затем применимый критерий помех из Рекомендации МСЭ-R SA.1163 делится на это число для получения предельного уровня мощности единичных помех на входе приемника ССИЗ на геостационарной орбите. Наконец этот предельный уровень мощности единичных помех преобразуется в предельный уровень п.п.м. единичных помех, которое можно получить на геостационарной орбите.

2.1 Расчет числа видимых с геостационарной орбиты передатчиков, работающих на одной частоте на низкой околоземной орбите в службе космической эксплуатации

Предполагается, что на низкой околоземной орбите может находиться не более одного спутника, осуществляющего передачи на какую-либо наземную станцию службы космической эксплуатации на данной частоте. Зону вокруг наземной станции, к которой это относится, можно назвать одночастотной зоной исключения. При предполагаемой общей высоте орбиты группировки спутников, равной 400 км, площадь одночастотной зоны исключения составляет примерно 9 200 000 км² (см. рисунок 1). Общая площадь, видимая с геостационарного спутника, составляет 226 000 000 км². В этом случае в пределах видимости геостационарного спутника находится примерно 25 таких зон исключения. Если далее предположить, что в соседних зонах исключения не может использоваться одна и та же частота, поскольку в этом случае будет иметь место географическое перекрытие, то при наивысшей плотности одна и та же частота может использоваться примерно в 1/3 этих зон исключения (трехцветная карта повторного использования частот) или примерно в восьми–девяти зонах (см. рисунок 2). Этот анализ предполагает, что в пределах видимости геостационарного спутника общая частота, присвоенная службе космической эксплуатации, может повторно использоваться в девяти зонах.

РИСУНОК 1

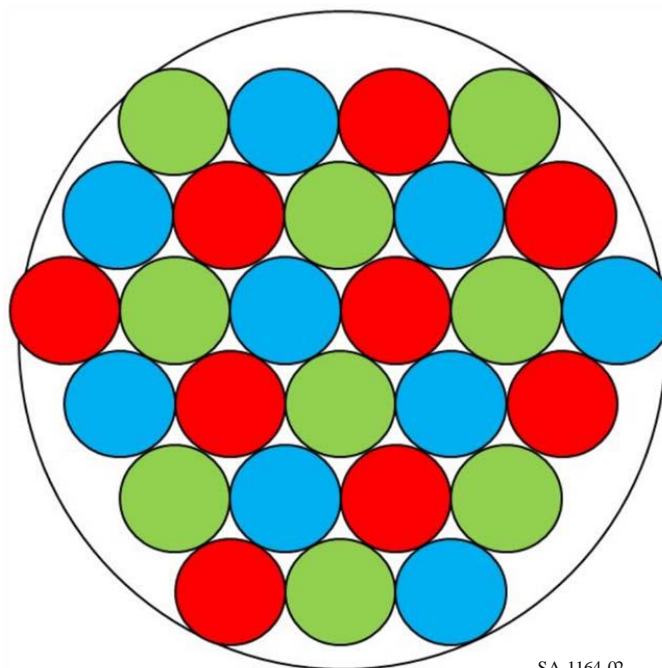
Одночастотная зона исключения



SA.1164-01

РИСУНОК 2

Трехцветная карта повторного использования частот



SA.1164-02

2.2 Расчет предельного уровня (долговременной) мощности для защиты систем DCS

С учетом того, что одну и ту же частоту могут использовать, по оценкам, девять спутников в пределах видимости приемника DCS и что распределение мощности помех на трассе распространения космос-Земля составляет 90% от общей мощности помех (из таблицы 2), предельный уровень мощности единичных помех на входе спутникового приемника DCP-R составляет

$$-191,5 \text{ дБ(Вт/100 Гц)} + 10 \cdot \text{LOG}_{10}(0,9) - 10 \cdot \text{LOG}_{10}(9) = -201,5 \text{ дБ(Вт/100 Гц)}.$$

2.3 Расчет (долговременной) п.п.м. для защиты систем DCS

Результат преобразования в предельный уровень п.п.м. единичных помех приведен в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3

Долговременные критерии совместного использования частот
и расчет п.п.м. для защиты элемента DCS

Долговременные критерии совместного использования частот и расчет п.п.м. для защиты элемента DCS	Значение	Единицы измерения
Критерии помех (Рек. МСЭ-R SA.1163, таблица 1)	-191,5	дБ(Вт/100 Гц)
Доля, распределенная трассе распространения помех космос-Земля	90	%
Критерии помех, участок трассы космос-Земля	-192,0	дБ(Вт/100 Гц)
Эквивалентное количество источников долговременных помех	9	–
Критерии совместного использования частот (единичные помехи)	-201,5	дБ(Вт/100 Гц)
Коэффициент усиления приемной антенны космического аппарата DCPR1)	13,8	дБи
Изотропная зона приема	-13,5	дБ(м2)
п.п.м. (единичных помех) в эталонной ширине полосы	-201,8	дБ(Вт/м2/100 Гц)

¹⁾ Значение усиления приемной антенны космического аппарата DCPR взято из таблицы 1 Рекомендации МСЭ-R SA.1163.

В таком случае эквивалентный критерий совместного использования частот в виде п.п.м. единичных помех на геостационарной орбите составляет $-201,8$ дБ(Вт/м²/100 Гц). Это предельный уровень единичных помех, который должен соблюдаться любым спутником службы космической эксплуатации, работающим в полосе частот 401–403 МГц.
