

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R SA.1163-3
(12/2018)

**Критерии суммарных помех
для служебных линий систем сбора
данных спутников ГСО в спутниковой
службе исследования Земли и
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 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, 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.1163-3

Критерии суммарных помех для служебных линий систем сбора данных спутников ГСО в спутниковой службе исследования Земли и метеорологической спутниковой службе

(Вопрос МСЭ-R 142/7)

(1995-1997-1999-2018)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены критерии помех в виде допустимых суммарных уровней мощности мешающего сигнала на выходе антенн станций, обслуживающих служебные линии в спутниковой службе исследования Земли и метеорологической спутниковой службе.

Ключевые слова

ССИЗ, МЕТСАТ, спутники ГСО, сбор данных, критерии помех.

Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ-R

Рекомендации МСЭ-R SA.1020, МСЭ-R SA.1022, МСЭ-R SA.1159.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что гипотетическая эталонная система, рассмотренная в Рекомендации МСЭ-R SA.1020, определяет линии связи для сбора данных и опроса платформ сбора данных;
- b)* что необходимы критерии помех для обеспечения возможности разработки систем в целях достижения соответствующего качества связи в условиях воздействия помех;
- c)* что критерии помех можно определить с использованием методики, описанной в Рекомендации МСЭ-R SA.1022, и требуемых рабочих характеристик, указанных в Рекомендации МСЭ-R SA.1159;
- d)* что критерии помех способствуют разработке критериев совместного использования полос частот разными системами, включая системы, работающие в других службах;
- e)* что для систем спутниковой службы исследования Земли (ССИЗ) (включая метеорологическую спутниковую службу) должны приниматься пороговые значения помех не ниже предельно допустимых уровней;
- f)* что в Приложении представлены параметры типовых систем, которые обеспечивают основу для определения допустимых уровней помех для соответствующих передач в спутниковой службе исследования Земли и в метеорологической спутниковой службе,

рекомендует

использовать уровни помех, приведенные в таблице 1, в качестве допустимых суммарных уровней мощности мешающего сигнала на выходе антенн станций, обслуживающих служебные линии в спутниковой службе исследования Земли и в метеорологической спутниковой службе.

ТАБЛИЦА 1

Критерии суммарных помех для служебных линий станций спутниковой службы исследования Земли и метеорологической спутниковой службы, использующих спутники ГСО

Полоса частот (МГц)	Мощность мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы, которая не должна превышать в течение более 20% времени	Мощность мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы, которая не должна превышать в течение более $p\%$ времени
401–403 Земля-космос	–191,5 дБВт в полосе 100 Гц ⁽¹⁾	–186,3 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾ $p = 0,1$
1670–1690 космос-Земля	–198,8 дБВт в полосе 100 Гц ⁽¹⁾	–193,6 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾ $p = 0,025$
2025–2110 Земля-космос	–191,2 дБВт в полосе 100 Гц ⁽¹⁾	–186,0 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾ $p = 0,025$
460–470 космос-Земля	–187,5 дБВт в полосе 100 Гц ⁽¹⁾	–182,3 дБВт в полосе 100 Гц ⁽²⁾ $p = 0,1$

(1) Значения мощности мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы указаны для приема при углах места $> 3^\circ$.

(2) Значения мощности мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы указаны для приема при углах места $> 0^\circ$.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Суммарный уровень мощности мешающего сигнала, который которая не должна превышать в течение более $x\%$ времени, где x меньше 20%, но больше указанного кратковременного процента времени ($p\%$), может быть определен путем интерполяции между заданными величинами с использованием логарифмической шкалы (по основанию 10) для процента времени и линейной шкалы для плотности мощности мешающего сигнала (дБ).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Основу для определения критериев помех составляют описанные в Приложении системы, однако эти критерии помех применимы ко всем системам, которые работают в указанных полосах частот и обеспечивают указанные служебные функции.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Критерии помех определены относительно процента времени приема земной станцией. Таким образом статистические данные работы приемника, связанные с приемом сигналов одного конкретного спутника или одним конкретным спутником (то есть совокупное распределение коэффициента ошибок по битам (КОБ)), будут такими же, как и статистические данные, относящиеся к приему сигналов нескольких подобных спутников. Общее время приема включает периоды времени, связанные с начальным захватом сигнала (то есть перед и в течение местного подъема спутника), синхронизацией приемника данных и синхронным приемом данных. Анализ кратковременного качества, который представлен в Приложении (то есть качество, превышаемое всегда, кроме небольшого процента времени p , $p \leq 1\%$), предполагает, что спутник расположен при минимальном угле места, связанном с соответствующим показателем качества. Это дает качество в отношении КОБ, превышаемое для всех интервалов, кроме $p\%$ времени, поскольку E_b/N_0 и КОБ монотонно связаны с углом места.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Угол места, превышаемый всегда, кроме 20% времени в течение приема, хорошо аппроксимируется углом, превышаемым всегда, кроме 20% времени, в течение которого спутник виден выше минимального угла места, указанного в показателе качества. Эта аппроксимация, сделанная при анализе качества, представлена в Приложении, поскольку основная совокупная ошибка по времени не может превышать 1% (то есть $p\%$ времени), и соответствующая общая ошибка в отношении усиления антенны спутника, потери в свободном пространстве, избыточные потери на трассе, а также значения параметров земной станции являются незначительными. Результирующий угол места, который превышает всегда, кроме 20% времени приема, дает качество КОБ, превышаемое всегда, кроме 20% времени, поскольку E_b/N_0 и КОБ монотонно связаны с углом места.

Приложение

Основа для определения критериев помех

1 Введение

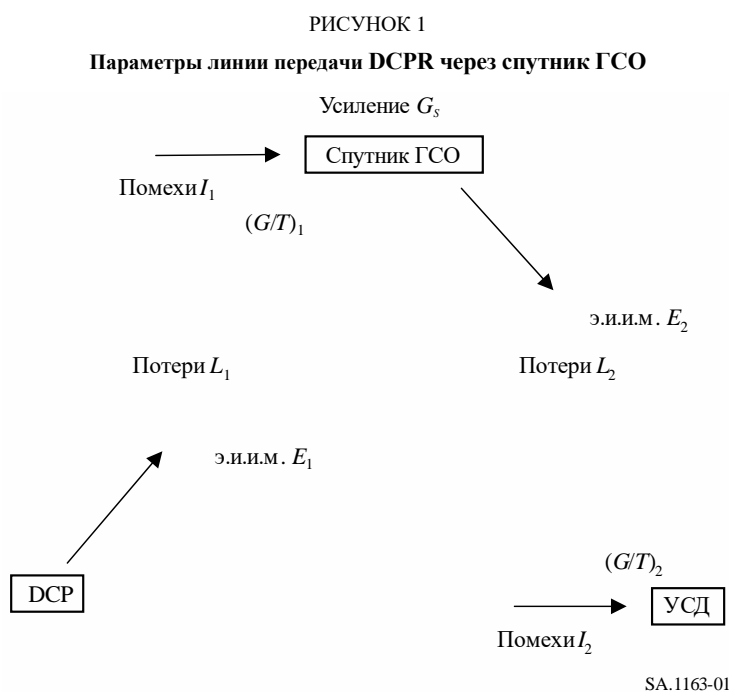
В настоящем Приложении представлены параметры, применяемые в качестве входных данных в методике определения критериев помех из Рекомендации МСЭ-R SA.1022.

2 Общее описание служебной линии в системах сбора данных

Платформы сбора данных (DCP) в системах сбора данных (DCS) передают сообщения DCP (DCPR) в полосе частот 401–403 МГц, которые ретранслируются через спутник на станцию управления и сбора данных (УСД) главным образом в полосе частот 1670–1690 МГц. Ретранслятор спутника поддерживает несколько сотен одновременных передач DCPR. Эксплуатируются системы DCS двух типов:

- 1) DCS с ретранслятором с постоянным усилением:
- 2) DCS с автоматической регулировкой усиления (APU), которая обеспечивает постоянную э.и.и.м. DCPR на линии вниз независимо от мощности на входе ретранслятора.

На приводимом ниже рисунке 1 представлена общая схема DCS, действительная для систем обоих типов.



где:

- E_1 : э.и.и.м. DCP;
- E_2 : э.и.и.м. спутника;
- G_1 : коэффициент усиления приемной антенны спутника;
- G_2 : коэффициент усиления приемной антенны станции УСД;
- L_1 и L_2 : потери на линиях вверх и вниз;
- G_s : коэффициент усиления спутника (исключая приемную антенну спутника);
- T_1 и T_2 : шумовая температура систем спутника и станции;

I_1 и I_2 : помехи, создаваемые спутнику и станции УСД;

G/T : отношение коэффициента усиления антенны к шумовой температуре системы.

Данные DCPR не восстанавливаются на спутнике, поэтому полезные и мешающие сигналы на входе приемника спутника усиливаются ретранслятором и передаются в линию вниз. Таким образом мешающий сигнал на входе приемника спутника оказывает влияние на величину отношения $C/(N + I)$ на станции УСД. Кроме того, на величину отношения $C/(N + I)$ на станции УСД дополнительное влияние оказывают мешающие сигналы, принимаемые непосредственно станцией УСД. В целом на характеристики DCS влияют мешающие сигналы как линии вверх, так и линии вниз (долгосрочные и/или краткосрочные).

Таким образом моделирование влияния этих сценариев помех является сложной задачей, которая дополнительно усложняется следующими факторами:

- характеристики систем сбора данных существенно различаются;
- спутниковый ретранслятор может принимать несколько сотен одновременных передач DCPR, которые к тому же ведутся с разным уровнем э.и.и.м.;
- существует большой разброс значений э.и.и.м. между DCP – обычно в диапазоне от 5 до 19 дБВт;
- для спутников DCS, использующих автоматическую регулировку усиления (APU), усиление спутника не постоянно и зависит от уровня мешающего сигнала на входе приемника спутника.

Ввиду вышесказанного описание бюджета линии DCS не позволяет оценить типичный запас M , поскольку этот запас изменяется в широком диапазоне от нескольких децибелов до даже отрицательных значений. Поэтому выполнить анализ в соответствии с моделью, описанной в Рекомендации МСЭ-R SA.1022, на основе единого значения запаса M чрезвычайно трудно.

По этой причине предлагается разработать критерии помех, относящиеся к DCS, на основе концепции минимального запаса (M_{\min}), описанной в Рекомендации МСЭ-R SA.1022, с учетом следующих элементов:

- $M_{\min} = 1,2$ дБ;
- $q = 1/3$ для долговременных помех, то есть допуск на длительное повышение уровня шума A равен 0,4 дБ;
- $q = 1$ для кратковременных помех, то есть допуск на кратковременное повышение уровня шума A равен 1,2 дБ.

Эти элементы применяются как к линии вверх, так и к линии вниз с использованием формулы повышения уровня шума:

$$I = 10 \log(kT) + 10 \log(10^{(A/10)} - 1),$$

где:

A : допуск на повышение уровня шума;

k : постоянная Больцмана ($1,38 \times 10^{-23}$ Дж/К);

T : шумовая температура системы.

В следующей таблице А-1 приведены характеристики некоторых систем DCS и соответствующие расчеты максимальных уровней помех.

ТАБЛИЦА А-1

Параметры линий DCP и максимальные уровни помех

Параметр	Единица измерения/ комментарий	DCPR GOES	DCPR FYGEO SAT	DCP MSG	DCP MTG (низкая скорость передачи данных)	DCP MTG (высокая скорость передачи данных)
E_1 (кратковр.) для 0,1%	дБВт	5	5	5	н. д.	н. д.
E_1 (долговр.) для 20%	дБВт	11	11	11	3,2	8
L_1	дБ (потери распространения в свободном пространстве и поляризационные потери)	177,1	179,05	177	179	179
G_1	дБи	13,8	8,5	3,9	11,9	11,9
T_1	К	534	464	296	545	545
$(G/T)_1$	дБ-К ⁻¹	-13,5	-18,2	-20,8	-15,5	-15,5
Ширина полосы	кГц	400	400	400	400	400
G_s	дБ	н. д.	142,5	н. д.	н. д.	н. д.
E_2	дБВт	3,7	н. д.	-22,7	н. д.	н. д.
L_2 (дБ)	дБ (потери распространения в свободном пространстве и поляризационные потери)	190,1	190,01	190,3	н. д.	н. д.
G_2	дБи	47,5	44	45,5	н. д.	н. д.
T_2	К	100	186	141	н. д.	н. д.
$(G/T)_2$	дБ-К ⁻¹	27,5	21,3	24	н. д.	н. д.
$(C/N_0)_{\text{треб.}}$	дБ.Гц	31,6	39,1	33,4	32,15	37,8
$I_{1\text{долговр.}}$ (401–403 МГц)	дБВт/Гц	-211,5	-212,1	-214,0	-211,4	-211,4
$I_{1\text{кратковр.}}$ (401–403 МГц)	дБВт/Гц	-206,3	-206,9	-208,9	-206,2	-206,2
$I_{2\text{долговр.}}$ (1 670–1 690 МГц)	дБВт/Гц	-218,8	-216,1	-217,3	н. д.	н. д.
$I_{2\text{кратковр.}}$ (1 670–1 690 МГц)	дБВт/Гц	-213,6	-210,9	-212,1	н. д.	н. д.

На основании расчетов, приведенных в таблице А-1, предлагается сохранить в качестве критерия помех для DCS значения, относящиеся к системе DCPR GOES. Ниже эти пределы выражены относительно ширины полосы 100 Гц:

линия вверх (полоса 401–403 МГц):

$$I_{1\text{долговр.}} = -191,5 \text{ дБ(Вт/100 Гц)};$$

$$I_{1\text{кратковр.}} = -186,3 \text{ дБ(Вт/100 Гц)};$$

линия вниз (полоса 1670–1690 МГц):

$$I_{2\text{долговр.}} = -198,8 \text{ дБ(Вт/100 Гц)};$$

$$I_{2\text{кратковр.}} = -193,6 \text{ дБ(Вт/100 Гц)}.$$

3 Метеорологическая спутниковая служба, работающая в полосе частот 460–470 МГц на линии вниз

Геостационарные спутники ретранслируют BPSK-модулированный сигнал управления DCP (DCPC) со станции УСД, работающей в полосе 2025–2110 МГц, на DCP, работающие в полосе 460–470 МГц. Ретранслятор спутника является жестким ограничителем, который поддерживает постоянную э.и.и.м. DCPR на линии вниз.

Аналогичный подход применяется к случаю DCPR, как описано в пункте 2, поэтому предлагается разработать критерии помех, относящиеся к DCS, на основе концепции минимального запаса (M_{\min}), описанной в Рекомендации МСЭ-R SA.1022, с учетом следующих элементов:

$$M_{\min} = 1,2 \text{ дБ};$$

$q = 1/3$ для долговременных помех, то есть когда допуск на длительное повышение уровня шума A равен 0,4 дБ;

$q = 1$ для кратковременных помех, то есть когда допуск на кратковременное повышение уровня шума A равен 1,2 дБ.

Эти элементы применяются как к линии вверх, так и к линии вниз с использованием формулы повышения уровня шума:

$$I = 10 \log(kT) + 10 \log(10^{(A/10)} - 1),$$

где:

A : допуск на повышение уровня шума;

k : постоянная Больцмана ($1,38 \times 10^{-23}$ Дж/К);

T : шумовая температура системы.

В таблице А-2 приведены характеристики некоторых систем DCS и соответствующие расчеты максимальных уровней помех.

ТАБЛИЦА А-2

Параметры линии DCPC и максимальные уровни помех

Параметр	Значение	Примечания
E_1	55,7 дБВт	
P	55,7 дБВт	Один сигнал DCPC
L_1	191,7 дБ	Потери распространения в свободном пространстве, поляризационные потери и потери из-за неточности наведения
$(G/T)_1$	-18,4 дБ(К ⁻¹)	

ТАБЛИЦА А-2 (окончание)

Параметр	Значение	Примечания
B	200 кГц	
E_2	15,0 дБВт	
L_2	178,5 дБ	Потери распространения в свободном пространстве, поляризационные потери и потери из-за неточности наведения
$(G/T)_2$	-29,3 дБ(К ⁻¹)	
T_1	570 К	
T_2	1 338 К	
$(C/N_0)_{\text{треб.}}$	33,0 дБ/Гц	КОБ 10^{-5} потери реализации 2 дБ, потери модуляции 1,2 дБ
$I_{1\text{долговр.}}$ (2 015–2 110 МГц)	-211,2 дБВт/Гц	
$I_{1\text{кратковр.}}$ (2 015–2 110 МГц)	-206 дБВт/Гц	
$I_{2\text{долговр.}}$ (460–470 МГц)	-207,5 дБт/Гц	
$I_{2\text{кратковр.}}$ (460–470 МГц)	-202,3 дБт/Гц	

Критерии помех для службы DCPC, далее приведенные к ширине полосы 100 Гц, становятся следующими:

линия вверх (полоса 2025–2110 МГц):

$$I_{1\text{долговр.}} = -191,2 \text{ дБ(Вт/100 Гц)};$$

$$I_{1\text{кратковр.}} = -186 \text{ дБ(Вт/100 Гц)};$$

линия вниз (полоса 460–470 МГц):

$$I_{2\text{долговр.}} = -187,5 \text{ дБ(Вт/100 Гц)};$$

$$I_{2\text{кратковр.}} = -182,3 \text{ дБ(Вт/100 Гц)}.$$

Список сокращений и акронимов

AGC	Automatic gain control	APY	Автоматическая регулировка усиления
BPSK	Binary phase shift keying		Двухпозиционная фазовая манипуляция
CDA	Command and data acquisition	УСД	Управление и сбор данных
DCP	Data collection platform		Платформа сбора данных
DCPC	Data collection platform command		Управление платформой сбора данных
DCPR	Data collection platform report		Сообщение платформы сбора данных
DCS	Data collection system		Система сбора данных
EES	Earth exploration-satellite service	ССИЗ	Спутниковая служба исследования Земли
e.i.r.p.	Effective isotropic radiated power	э.и.и.м.	Эффективная изотропная излучаемая мощность
FY	Feng-Yun (China)		Фэн-Юнь (Китай)

GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite (USA)		Геостационарный спутник Национальной информационной службы спутниковых данных об окружающей среде (США)
GSO	Geosynchronous Orbit	ГСО	Геосинхронная орбита
<i>G/T</i>	Ratio of the antenna gain-to-system noise temperature		Отношение коэффициента усиления антенны к шумовой температуре системы
MetSat	Meteorological Satellite		Метеорологический спутник
MSG	Meteosat Second Generation (EUMETSAT)		Метеоспутник второго поколения (ЕВМЕТСАТ)
MTG	Meteosat Third Generation (EUMETSAT)		Метеоспутник третьего поколения (ЕВМЕТСАТ)
