|  |
| --- |
| **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-Т/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-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

|  |  |
| --- | --- |
| **Серии Рекомендаций МСЭ-R**  (Представлены также в онлайновой 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 превышаться в течение более 20% времени | Мощность мешающего сигнала (ДБВт) в эталонной ширине полосы, которая не должна превышаться 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°.  (2) Значения мощности мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы указаны для приема при углах места > 0°.  ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Суммарный уровень мощности мешающего сигнала, который которая не должна превышаться 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* ≤ 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 *Eb*/*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 превышается всегда, кроме 20% времени приема, дает качество КОБ, превышаемое всегда, кроме 20% времени, поскольку *Eb*/*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 (АРУ), 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.

рисунок 1

Параметры линии передачи DCPR через спутник ГСО



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;

*Gs* : 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 восстанавливается 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 (АРУ), 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 *М*, 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:



где:

*A*: допуск на повышение уровня шума;

*k*: постоянная Больцмана (1,38 × 10−23 Дж/K);

*T*: шумовая температура системы.

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

ТАБЛИЦА A-1

Параметры линий DCP и максимальные уровни помех

| Параметр | Единица измерения/ комментарий | DCPR GOES | DCPR FYGEOSAT | 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 распростра-нения в свободном пространстве и поляриза-ционные потери) | 177,1 | 179,05 | 177 | 179 | 179 |
| *G*1 | дБи | 13,8 | 8,5 | 3,9 | 11,9 | 11,9 |
| *T*1 | K | 534 | 464 | 296 | 545 | 545 |
| (*G*/*T*)1 | дБ-K−1 | −13,5 | −18,2 | −20,8 | −15,5 | −15,5 |
| Ширина полосы | кГц | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| *Gs* | 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 распростра-нения в свободном пространстве и поляриза-ционные 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 | K | 100 | 186 | 141 | н. д. | н. д. |
| (*G*/*T*)2 | дБ-K−1 | 27,5 | 21,3 | 24 | н. д. | н. д. |
| (*C*/*N*0)треб. | дБ.Гц | 31,6 | 39,1 | 33,4 | 32,15 | 37,8 |
| *I*1долговр.  (401–403 МГц) | дБВт/Гц | −211,5 | −212,1 | −214,0 | −211,4 | −211,4 |
| *I*1кратковр.  (401–403 МГц) | дБВт/Гц | −206,3 | −206,9 | −208,9 | −206,2 | −206,2 |
| *I*2долговр.  (1 670–1 690 МГц) | дБВт/Гц | −218,8 | −216,1 | −217,3 | н. д. | н. д. |
| *I*2кратковр.  (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*1долговр. = −191,5 дБ(Вт/100 Гц);

*I*1кратковр. = −186,3 дБ(Вт/100 Гц);

линия вниз (полоса 1670–1690 МГц):

*I*2долговр. = −198,8 дБ(Вт/100 Гц);

*I*2кратковр. = −193,6 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 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:

**

где:

*A*: допуск на повышение уровня шума;

*k*: постоянная Больцмана (1,38 × 10−23 Дж/K);

*T*: шумовая температура системы.

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

ТАБЛИЦА A-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(K−1) |  |

ТАБЛИЦА A-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(K–1) |  |
| *T*1 | 570 K |  |
| *T*2 | 1 338 K |  |
| (*C/N*0)треб. | 33,0 дБ/Гц | КОБ 10−5 потери реализации 2 дБ, потери модуляции 1,2 дБ |
| *I*1долговр.  (2 015–2 110 МГц) | −211,2 дБВт/Гц |  |
| *I*1кратковр.  (2 015–2 110 МГц) | −206 дБВт/Гц |  |
| *I*2долговр.  (460–470 МГц) | −207,5 дБт/Гц |  |
| *I*2кратковр.  (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*1долговр. = −191,2 дБ(Вт/100 Гц);

*I*1кратковр. = −186 дБ(Вт/100 Гц);

линия вниз (полоса 460–470 MГц):

*I*2долговр. = −187,5 дБ(Вт/100 Гц);

*I*2кратковр. = −182,3 дБ(Вт/100 Гц).

Список сокращений и акронимов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| AGC | Automatic gain control | АРУ | 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 |
| EESS | 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 |
| *G*/*T* | 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) |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_