

# МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R SA.2044-0**  
(12/2013)

## **Критерии защиты для НГСО платформ сбора данных в полосе 401–403 МГц**

**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
<b>BO</b>	Спутниковое радиовещание
<b>BR</b>	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
<b>BS</b>	Радиовещательная служба (звуковая)
<b>BT</b>	Радиовещательная служба (телевизионная)
<b>F</b>	Фиксированная служба
<b>M</b>	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
<b>P</b>	Распространение радиоволн
<b>RA</b>	Радиоастрономия
<b>RS</b>	Системы дистанционного зондирования
<b>S</b>	Фиксированная спутниковая служба
<b>SA</b>	<b>Космические применения и метеорология</b>
<b>SF</b>	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
<b>SM</b>	Управление использованием спектра
<b>SNG</b>	Спутниковый сбор новостей
<b>TF</b>	Передача сигналов времени и эталонных частот
<b>V</b>	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, 2014 г.

© ITU 2014

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.2044-0

## Критерии защиты для НГСО платформ сбора данных в полосе 401–403 МГц

(Вопросы МСЭ-R 139/7 и МСЭ-R 141/7)

(2013)

**Сфера применения**

В данной Рекомендации приводится информация о показателях работы и критериях помех для НГСО систем сбора данных (DCS) в полосе 401–403 МГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что разработчикам систем, при наличии помех их системам, необходимы требуемые рабочие характеристики;
- b) что требуемые рабочие характеристики для репрезентативных систем, работающих в службах ССИЗ и МетСат, предназначены для того, чтобы обеспечить руководящие указания по разработке реальных систем;
- c) что требуемые рабочие характеристики для служб ССИЗ и МетСат являются необходимым условием для проведения оценки помех;
- d) что, при наличии помех, для соответствия желательным требуемым рабочим характеристикам необходимы критерии защиты,

*рекомендует,*

**1** чтобы анализ для определения воздействия систем НГСО DCS в полосе 401–403 МГц основывался на следующих критериях защиты:

- $-197,9$  дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · Гц)) – максимальная совокупная допустимая спектральная плотность потока мощности (с.п.п.м.) на антенне оборудования НГСО DCS в случае широкополосных шумовых помех (см. Приложение 1);
- $-165,4$  дБ(Вт/м<sup>2</sup>) – максимальная плотность потока мощности (п.п.м.) в пределах ширины полосы по разрешению в 19 Гц на антенне оборудования НГСО DCS для каждой узкополосной помехи от спектральных линий (см. Приложение 2);

**2** чтобы критерии защиты, определенные в пункте **1** раздела *рекомендует*, в зоне видимости спутника не превышались более чем на 1% времени.



## Приложение 1

### Критерии защиты для оборудования HFCSO DCS в полосе 401–401,69 МГц от излучений широкополосных шумовых помех

#### 1 Введение

В настоящем приложении приводится информация, относящаяся к работающей существующей типовой системе HFCSO DCS, называемой ARGOS, и, следовательно, к требованиям по ее защите от излучений широкополосных шумовых помех.

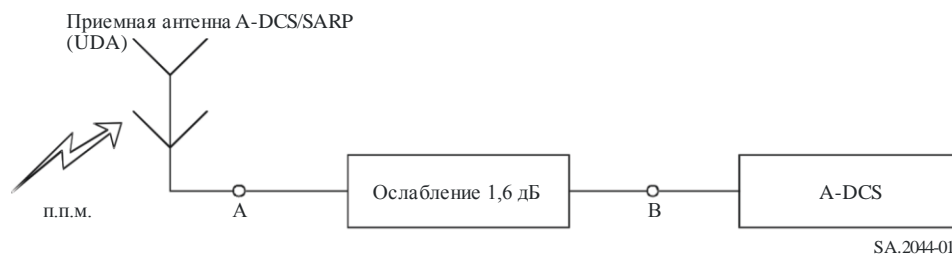
#### 2 Пороговый уровень спектральной плотности потока мощности помех

Добавление широкополосного шума, воздействующего на оборудование ARGOS, приводит к возрастанию коэффициента ошибок по битам (BER) и поэтому негативно влияет на его требуемые рабочие характеристики. В ходе этого анализа определяется максимальная допустимая п.п.м., связанная с широкополосным шумом в канале линии вверх ARGOS.

На рисунке 1 показаны основные элементы оборудования на борту спутников Национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA). Этот основной принцип применим к спутникам METOP и NOAA.

РИСУНОК 1

Бортовое оборудование



Спецификация для диаграммы направленности усиления антенны UDA приводится в таблице 1 в соответствии с углом отклонения от надира:

ТАБЛИЦА 1

Диаграмма направленности усиления приемной антенны SARP/ARGOS (UDA)

Угол отклонения спутника от надира	62	59	54	47	39	31	22	13	5	0
Усиление при правосторонней круговой поляризации	3,85	3,54	2,62	1,24	-0,17	-1,33	-2,24	-3,08	-3,80	-3,96
Усиление при левосторонней круговой поляризации	-5,69	-6,23	-7,52	-9,39	-11,39	-13,12	-14,52	-15,77	-17,17	-18,00
Коэффициент эллиптичности	6,02	5,85	5,59	5,26	4,90	4,57	4,31	4,11	3,78	3,49

Указанные в таблице 1 значения относятся к диаграмме направленности приемной антенны, используемой совместно оборудованием SARP и ARGOS, какими они должны быть для спутников NOAA и METOP.

Типовые значения для ARGOS: коэффициент шума = 3 дБ (вводимый параметр ARGOS), фоновая шумовая температура для наихудшего случая = 1200 К (значение, измеряемое с учетом промышленного шума в Европе), ослабление между антенной и приемником ARGOS = 1,6 дБ. Таким образом, шумовая температура системы на входе приемника ARGOS (точка В на рис. 1) равна 1214 К и поэтому спектральная плотность шума равна  $N_0 = -197,8$  дБ(Вт/Гц).

Согласно спецификации для наихудшего случая, ARGOS разработан так, чтобы правильно работать при мощности принимаемого сигнала  $C = -160$  дБВт (минимальный уровень принимаемого сигнала) на входе приемника, что обеспечивает эффективное отношение  $E_b/N_0 = 8,3$  дБ в битовом детекторе ARGOS, если учитываются форма колебаний сигнала радиомаяка и разнообразные потери.

Следовательно, для достижения значения BER  $2 \times 10^{-4}$ , которое соответствует минимальному значению  $E_b/N_0$  в 8 дБ, максимальное приемлемое ухудшение должно составлять 0,3 дБ.

В данном случае вычисляется аддитивный шум, соответствующий ухудшению 0,3 дБ для  $C/N_0$ .

Пусть  $I_0$  представляет плотность мощности аддитивного шума. Следовательно, начальный шум  $N_0$  становится равным  $N_0 + I_0$ .

Отношение сигнал-шум  $C/N_0$  становится равным  $C/(N_0 + I_0)$ .

Ухудшение составляет 0,3 дБ =  $10 \log ((C/N_0)/(C/(N_0 + I_0)))$ , таким образом,  $I_0/N_0 = -11,5$  дБ, а  $I_0 = -209,3$  дБ(Вт/Гц), что соответствует температуре 86 К, и поэтому шумовая температура системы на входе приемника возрастает на 7%.

Следовательно, максимальный допустимый уровень плотности шума  $I_0 = -209,3$  дБ(Вт/Гц) (вычислено для точки В на рис. 1).

Как показано на рисунке 1, плотность шума  $I_0$  учитывает ослабление и усиление антенны. Поскольку требуется определить с.п.п.м., необходимо преобразовать этот коэффициент в дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · Гц)).

Эквивалентная площадь поверхности антенны с усилением  $G$  определяется как  $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$ . Поэтому соответствующая с.п.п.м. равна  $-209,3 + 1,6$  (потери)  $- 10 \log_{10} S = -197,9$  дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · Гц)), учитывая наивысший угол отклонения спутника от надира.

## Приложение 2

### Критерии защиты для оборудования НГСО DCS в полосе 401–401,69 МГц от излучений узкополосных помех от спектральных линий

#### 1 Введение

В настоящем приложении приводится информация, относящаяся к работающей существующей типовой системе НГСО DCS, называемой ARGOS, и поэтому к требованиям по ее защите от излучений узкополосных помех от спектральных линий.

#### 2 Базовая информация

В Приложении 1 содержатся критерии защиты ARGOS в полосе 401–401,69 МГц, которые должны использоваться в качестве основы для анализа помех от широкополосных излучений. В настоящем Приложении приводятся требования по защите оборудования ARGOS от помех, создаваемых излучениями узкополосных помех от спектральных линий.

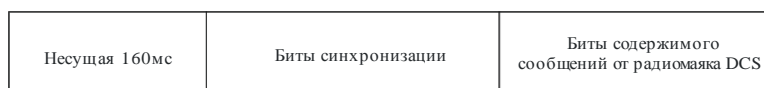
### 3 Требования по защите от узкополосных излучений от спектральных линий

На рисунке 1 показаны основные элементы оборудования ARGOS.

Для лучшего понимания аргументации данной спецификации необходимо кратко напомнить о том, как работает это оборудование.

Передачи радиомаяка ARGOS начинаются с передачи в течение 160 мс немодулированной несущей, что позволяет использовать фазовую автоматическую подстройку частоты для более легкой подстройки на несущей. На рисунке 2 представлен формат сообщений ARGOS.

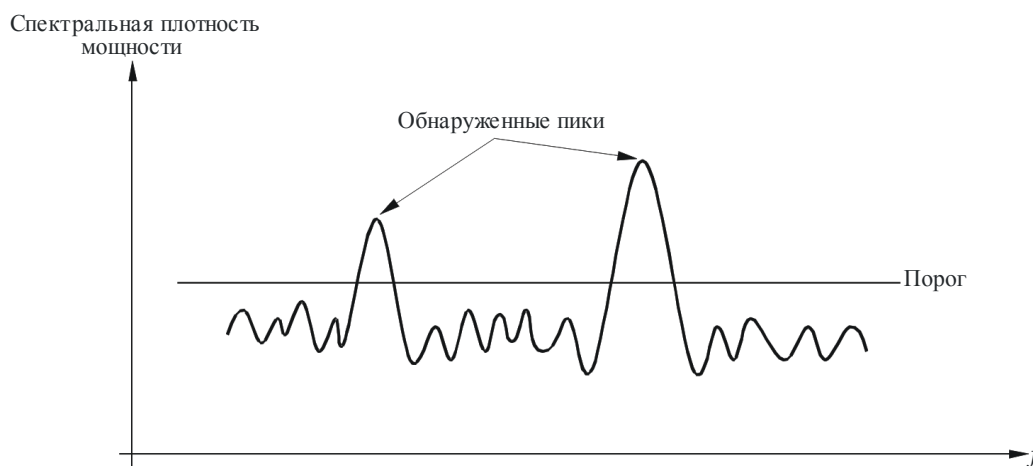
РИСУНОК 2  
Формат сообщений DCS



SA.2044-02

Анализатор спектра в этом оборудовании непрерывно отслеживает ширину полосы, обеспечивающую полное покрытие, в поисках той части передач DCS, которая состоит из чистой несущей. Когда анализатор спектра обнаруживает такую линию, то считается, что это начало сообщения DCS. Теория основана на определении волны чистой несущей (синусоиды) в среде белого, аддитивного и гауссовского шума. Спектральная плотность мощности принимаемого сигнала (чистая несущая + шум) вычисляется с использованием метода быстрого преобразования Фурье, а каждый сигнал, превышающий порог системы, обрабатывается так, как если бы это был сигнал от маяка DCS (см. рис. 3).

РИСУНОК 3  
Обнаружение синусоиды в белом гауссовском шуме



SA.2044-03

Следовательно, процессоры приемника ARGOS разработаны так, чтобы определять дискретные спектральные компоненты (немодулированная несущая радиомаяка), и соответствующая ширина полосы по разрешению составляет 19 Гц. Сигналы выше порогового уровня направляются на бортовой модуль восстановления данных (DRU) для дальнейшей обработки и передачи на Землю по каналу полетной телеметрии.

В целях соответствия характеристикам ARGOS по вероятности обнаружения для широкого круга пользовательских применений (отслеживание диких животных, рыболовство, океанография и др.) оборудование ARGOS разработано так, чтобы обнаруживать и обрабатывать крайне слабые сигналы. Его характеристики таковы, что любой сигнал  $C_{min}$ , превышающий уровень плотности локального шума на 21 дБ(Гц) ( $C_{min}/N_0 > 21$  дБ(Гц)), будет направлен на DRU для дополнительной обработки.

Следовательно, узкополосные мешающие сигналы, соответствующие этим критериям, могут быть также направлены на DRU. В результате характеристики оборудования ARGOS с точки зрения производительности (например, число одновременных сообщений DCS, которые могут быть обработаны) могут быть существенно ухудшены.

Типовые значения для ARGOS: коэффициент шума = 3 дБ (типовое значение для ARGOS), фоновая шумовая температура при наихудшем случае = 1200 К (входной параметр ARGOS), ослабление между антенной и приемником = 1,6 дБ. Таким образом, шумовая температура системы на входе приемника (точка В на рис. 1) равна 1214 К и поэтому спектральная плотность шума равна  $N_0 = -197,8$  дБ(Вт/Гц).

Поскольку  $C_{min}/N_0 = 21$  дБ(Гц), то  $C_{min} = -176,8$  дБВт. Следовательно, любые узкополосные побочные излучения, превышающие  $-176,8$  дБВт на входе ARGOS (точка В на рис. 1), вызовут ухудшение показателей системы.

Поэтому необходимо вычислить такой максимальный допустимый уровень спектральной линии на входе антенны ARGOS.

Спецификация для диаграммы направленности усиления приемной антенны ARGOS приводится в таблице 2 в соответствии с углом отклонения от надира.

ТАБЛИЦА 2

Диаграмма направленности усиления приемной антенны (UDA)

Угол отклонения спутника от надира	62	59	54	47	39	31	22	13	5	0
Усиление при правосторонней круговой поляризации	3,85	3,54	2,62	1,24	-0,17	-1,33	-2,24	-3,08	-3,80	-3,96
Усиление при левосторонней круговой поляризации	-5,69	-6,23	-7,52	-9,39	-11,39	-13,12	-14,52	-15,77	-17,17	-18,00
Коэффициент эллиптичности	6,02	5,85	5,59	5,26	4,90	4,57	4,31	4,11	3,78	3,49

Поэтому максимальная допустимая мощность в точке А на рисунке 1 равна  $-176,8 + 1,6$  (потери) =  $-175,2$  дБВт, учитывая наивысший угол отклонения спутника от надира. Поскольку требуется определить п.п.м., необходимо преобразовать этот коэффициент в дБ(Вт/м<sup>2</sup>). Эквивалентная площадь поверхности антенны, имеющей усиление  $G$ , определяется как  $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$ , что соответствует наивысшему углу отклонения спутника от надира). Отсюда соответствующая п.п.м. равна  $-175,2 - 10 \log_{10} S = -165,4$  дБ(Вт/м<sup>2</sup>).

#### 4 Вывод

Исходя из приведенных выше вычислений, выводов и рекомендаций, касающихся воздействия агрегирования излучений спектральных узкополосных помех, такие излучения не должны превышать  $-165,4$  дБ(Вт/м<sup>2</sup>) на входе антенны ARGOS для полосы частот 401–401,69 МГц с шириной полосы по разрешению в 19 Гц.