

**МСЭ-R**

Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R SA.1026-5**  
(07/2017)

**Критерии суммарных помех для систем  
передачи данных (космос-Земля)  
спутниковой службы исследования Земли  
и метеорологической спутниковой  
службы, использующих  
низкоорбитальные спутники**

**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
<b>SA</b>	<b>Космические применения и метеорология</b>
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, 2018 г.

© ITU 2018

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.1026-5

**Критерии суммарных помех для систем передачи данных (космос-Земля) спутниковой службы исследования Земли и метеорологической спутниковой службы, использующих низкоорбитальные спутники**

(Вопросы МСЭ-R 139/7 и МСЭ-R 141/7)

(1994-1995-1997-1999-2009-2017)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации представлены критерии суммарных помех для передач (космос-Земля) с низкоорбитальных спутников, применяемые для спутниковой службы исследования Земли и метеорологической спутниковой службы.

**Ключевые слова**

ССИЗ, МЕТСАТ, спутники НГСО, критерии суммарных помех

**Соответствующие Рекомендации и Отчеты**

Рекомендации МСЭ-R SA.514, МСЭ-R SA.1020, МСЭ-R SA.1021, МСЭ-R SA.1022, МСЭ-R SA.1023, МСЭ-R SA.1027, МСЭ-R SA.1159

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a)* что гипотетическая эталонная система, рассмотренная в Рекомендации МСЭ-R SA.1020, определяет линии космос-Земля для множества функций, включая прямое считывание данных и считывание записанных данных;
- b)* что необходимы критерии помех для обеспечения того, чтобы системы могли быть разработаны в целях достижения соответствующего качества в присутствии помех и оказания помощи при разработке критериев совместного использования полос системами, включая системы, работающие в других службах;
- c)* что космический корабль, работающий в спутниковой службе исследования Земли и в метеорологической спутниковой службе, может использовать низкие околоземные орбиты;
- d)* что показатели качества для соответствующих систем передачи данных космос-Земля, работающих в спутниковой службе исследования Земли и в метеорологической спутниковой службе, определены в Рекомендации МСЭ-R SA.1159 для нескольких полос частот;
- e)* что хотя конкретные системы передачи данных могут иметь показатели качества, которые отличаются от рекомендованных для спутниковой службы исследования Земли и метеорологической спутниковой службы, во всех системах, работающих в этих службах, критерии помех должны быть равны допустимым уровням помех, которые рекомендуются для этих служб, или превышать их;
- f)* что критерии помех для систем передачи данных, работающих в спутниковой службе исследования Земли и в метеорологической спутниковой службе, получены с использованием методов, изложенных в Рекомендации МСЭ-R SA.1022;

g) что в Приложении 1 представлены параметры характерных систем, которые обеспечивают основу для критериев помех при передачах (космос-Земля) в спутниковой службе исследования Земли и в метеорологической спутниковой службе в некоторых полосах частот,

*рекомендует*

1 использовать критерии помех для полос частот, указанных в таблице 1, в качестве допустимых суммарных уровней мощности мешающего сигнала на выходе антенн земных станций, работающих в спутниковой службе исследования Земли и в метеорологической спутниковой службе со спутниками на низкой околоземной орбите.

ТАБЛИЦА 1

**Критерии помех для земных станций в спутниковой службе исследования Земли и в метеорологической спутниковой службе, использующих космический корабль на низкой околоземной орбите (см. Примечания 1, 2, 3, 4)**

Полоса частот	Мощность сигнала помехи (дБВт) в эталонной ширине полосы, которая будет превышена не более чем для 20% времени	Мощность сигнала помехи (дБВт) в эталонной ширине полосы, которая будет превышена не более чем для 0,0125% времени (данное значение основано на требовании 99,9% качества, указанного в Рекомендации МСЭ-R SA.1159)
137–138 МГц	–142 дБВт на полосу 150 кГц <sup>(1)</sup>	–136 дБВт на полосу 150 кГц <sup>(1)</sup>
400,15–401,00 МГц	–157 дБВт на полосу 177,5 кГц	–147 дБВт на полосу 177,5 кГц
1 698–1 710 МГц	–146 дБВт на полосу 2 668 кГц	–138 дБВт на полосу 2 668 кГц
7 750–7 900 МГц	–144 дБВт на полосу 10 МГц	–127 дБВт на полосу 10 МГц
8 025–8 400 МГц	–147 дБВт на полосу 10 МГц	–133 дБВт на полосу 10 МГц
25,5–27,0 ГГц	–140 дБВт на полосу 10 МГц	–116 дБВт на полосу 10 МГц

<sup>(1)</sup> Мощности сигналов помех (дБВт) в эталонной ширине полосы определены для приема при углах места  $\geq 25^\circ$ ; во всех других случаях минимальный угол места составляет  $5^\circ$ .

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Суммарный уровень мощности помех сигнала, который может быть превышен не больше чем для  $x\%$  времени, где  $x$  – меньше чем 20%, но больше чем указанный кратковременный процент времени (0,0125% времени), 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. – Критерии помех определены относительно процента времени приема земной станцией. Таким образом, статистические данные работы приемника, связанные с приемом от одного конкретного спутника (то есть совокупное распределение коэффициента ошибок по битам (КОБ)), будут такими же, как и статистические данные, относящиеся к приему от нескольких подобных спутников. Общее время приема включает периоды времени, связанные с начальным захватом сигнала (т. е. перед и в течение местного подъема спутника), синхронизацией приемника данных и синхронным приемом данных. Следовательно, так как требуемое время для начального захвата сигнала и синхронизации может составлять до нескольких десятков секунд от общего интервала видимости спутника, усредненного примерно по девяти минутам, то анализ кратковременного качества, который представлен в Приложении 1 (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 3. – 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 1, 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.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Для полос частот, отличающихся от приведенных в таблице 1, применяется критерий помех, приведенный в Рекомендации МСЭ-R SA.514.

## Приложение 1

### Основа для определения критериев помех

#### 1 Введение

В настоящем Приложении представлены, для каждой полосы, параметры, применяемые в методике из Рекомендации МСЭ-R SA.1022 при выводе критериев помех для спутниковой службы исследования Земли и метеорологической спутниковой службы, с использованием показателей качества, указанных в Рекомендации МСЭ-R SA.1159. Результаты анализа качества для ряда эталонных систем сведены в таблицу 2. Во всех случаях типовые системы используют спутники на сильно наклоненных круговых орбитах.

Следует отметить, что в таблице 2 и пунктах 2–7, ниже, термины  $M_{\min}$ ,  $M_{\min}$  (долговременный) и  $M_{\min}$  (кратковременный) следует понимать в смысле методики, описанной в Рекомендации МСЭ-R SA.1022, то есть "наименьший свободный от помех запас, при котором принимающая помехи система должна быть полностью защищена". Не следует понимать его как характерный для всех систем ССИЗ и МЕТСАТ, в частности представленных в таблице 2, из которых некоторые системы имеют меньший запас мощности.

ТАБЛИЦА 2

Анализ показателей работы, используемый в качестве основы для критериев помех

Полоса частот (МГц)	137–138					
	Земная станция с низким усилением (АПИ) (система А)		Земная станция слежения (ПИНРС) (система В)		Земная станция с низким усилением (ПИНРС) (система С)	
Процент времени $p$ , который не удовлетворяется в отношении запаса линии	0,05	20	0,05	20	0,05	20
Угол места (превышаемый для $p$ )	25°	30°	5°	13°	25°	30°
Мощность на входе антенны спутника (дБВт)	4,9		6,8		6,8	
Усиление антенны спутника (дБик)	0,7	1,1	-1,2	-0,5	0,7	1,1
Э.и.и.м. спутника (дБВт)	5,6	6,0	5,6	6,3	7,5	7,9
Потери в свободном пространстве (дБ)	139,4	138,5	144,3	142,2	139,4	138,5
Дополнительные потери на трассе (дБ)	0,2		0,1	0,1	0,1	
Усиление антенны земной станции (дБик)	2,0		10,0	10,0	2,0	
Потери из-за неточной ориентации антенны (дБ)	0,0		0,0	0,0	0,0	
Потери рассогласования по поляризации (дБ)	1,5		1,5	1,5	1,5	
Потери в модуляторе и демодуляторе (дБ)	0,0		2,0	2,0	2,0	
Эталонная ширина полосы приемника (кГц)	50		150		150	
Скорость передачи данных (дБ/Гц)	45,7 (занимаемая полоса)		48,6		48,6	
Принимаемая энергия на 1 бит $E_b$ (дБ(Вт/Гц))	-179,2 ( $C_0$ )	-177,9 ( $C_0$ )	-180,9	-178,1	-182,1	-180,8
Шумовая температура приемной системы (К)	2 520		1 750		1 750	
Плотность мощности теплового шума (дБ(Вт/Гц))	-194,6		-196,2		-196,2	
Плотность мощности нетеплового шума приемника (дБ(Вт/Гц))	-		-		-	
Общая плотность мощности собственного шума $N_0$ (дБ(Вт/Гц))	-194,6		-196,2		-196,2	
$E_b/N_0$ (дБ)	15,4 ( $C_0/N_0$ )	16,7 ( $C_0/N_0$ )	15,3	18,1	14,1	15,4
Коэффициент ошибок по битам линии	-		$10^{-10}$		$< 10^{-10}$	
Общий коэффициент ошибок по битам на приеме	-		$< 10^{-10}$		$< 10^{-10}$	
Порог $E_b/N_0$ (или $C/N$ ) (дБ)	12,0		6,5		6,5	
Запас по мощности (дБ)	3,4	4,7	8,8	11,6	7,6	8,9
Коэффициент $q$ (дв – долговременный, кв – кратковременный)	0,5 (дв)	1 (кв)	0,6 (дв)	1 (кв)	0,6 (дв)	1 (кв)
$M_{\min}$ (дБ)	0,8		1,2		1,2	
Процент времени для критериев помех	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125
Критерии помех (дБВт) в эталонной ширине полосы	-151	-145	-141	-133	-142	-136

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Полоса частот (МГц)	400,15–401,00		1 698–1 710			
	Неподвижная антенна (ненаправленная) (система А)		Прямое считывание данных (система А)		Прямое считывание данных (система В)	
Процент времени $p$ , который не удовлетворяется в отношении запаса линии	0,05	20	0,05	20	0,05	20
Угол места (превышаемый для $p$ )	5°	13°	5°	13°	5°	13°
Мощность на входе антенны спутника (дБВт)	11,1		6,1		6,1	
Усиление антенны спутника (дБик)	0,0	0,0	2,1	2,0	2,1	2,0
Э.и.и.м. спутника (дБВт)	11,1	11,1	8,2	8,1	8,2	8,1
Потери в свободном пространстве (дБ)	153,6	151,4	166,3	164,0	166,3	164,0
Дополнительные потери на трассе (дБ)	0,2		0,2	0,0	0,2	
Усиление антенны земной станции (дБик)	0,0		46,8		29,8	
Потери из-за неточной ориентации антенны (дБ)	0,0		0,5		0,5	
Потери рассогласования по поляризации (дБ)	0,3		0,2		0,5	
Потери в модуляторе и демодуляторе (дБ)	2,0		2,7		2,7	
Эталонная ширина полосы приемника (кГц)	177,5		5 334		2 668	
Скорость передачи данных (дБ/Гц)	49,5		64,2		58,2	
Принимаемая энергия на 1 бит $E_b$ (дБ(Вт/Гц))	-194,5	-192,3	-179,1	-176,7	-190,4	-188,2
Шумовая температура приемной системы (К)	400		320	210	370	240
Плотность мощности теплового шума (дБ(Вт/Гц))	-202,6		-203,5	-205,4	-202,9	-204,8
Плотность мощности нетеплового шума приемника (дБ(Вт/Гц))	-211,7		-202,4		-204,2	
Общая плотность мощности собственного шума $N_0$ (дБ(Вт/Гц))	-202,1		-199,9	-200,6	-200,5	-201,5
$E_b/N_0$ (дБ)	7,6	9,8	20,8	23,9	10,1	13,3
Коэффициент ошибок по битам линии	$< 10^{-8}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-12}$		$6 \times 10^{-5}$	$< 10^{-9}$
Коэффициент ошибок при обработке данных со спутника	–	–	$5 \times 10^{-7}$		–	–
Общий коэффициент ошибок по битам на приеме	$< 10^{-8}$	$< 10^{-10}$	$5 \times 10^{-7}$		$6 \times 10^{-5}$	$< 10^{-9}$
Порог $E_b/N_0$ (дБ)	5,5	5,5	11,2		10,5	10,5
Запас по мощности (дБ)	2,1	4,3	9,6	12,7	-0,4	2,8
Коэффициент $q$ (дв – долговременный, кв – кратковременный)	0,33 (дв)	1 (кв)	0,6 (дв)	1 (кв)	0,33 (дв)	1 (кв)
$M_{\min}$ (дБ)	1,2		1,2		1,2	
Процент времени для критериев помех	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125
Критерии помех (дБВт) в эталонной ширине полосы	-157	-147	-128	-121	-146	-138

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Полоса частот (МГц)	1 698–1 710		7 750–7 900			
	Прямое считывание данных (система С)		Считывание записанных данных (система А)		Прямое считывание данных (система В)	
Процент времени $p$ , который не удовлетворяется в отношении запаса линии	0,05	20	0,05	20	0,05	20
Угол места (превышаемый для $p$ )	5°	8°	5°	13°	5°	8°
Мощность на входе антенны спутника (дБВт)	9,9		6,5		16,3	
Усиление антенны спутника (дБик)	3,2	3,2	6,0	5,8	4,0	4,1
Э.и.и.м. спутника (дБВт)	13,1	13,0	12,5	12,3	20,3	20,4
Потери в свободном пространстве (дБ)	166,1	164,0	179,5	177,3	179,4	177,2
Дополнительные потери на трассе (дБ)	0,2	0,2	3,5	0,5	0,5	0,5
Усиление антенны земной станции (дБик)	22,5		55,2		41,7	
Потери из-за неточной ориентации антенны (дБ)	0,5		0,5		0,5	
Потери рассогласования по поляризации (дБ)	0,5		0,2		0,5	
Потери в модуляторе и демодуляторе (дБ)	2,5		2,0		2,5	
Эталонная ширина полосы приемника (МГц)	6,0		10		10	
Скорость передачи данных (дБ/Гц)	65,3		78,5		72,4	
Принимаемая энергия на 1 бит $E_b$ (дБ(Вт/Гц))	-199,6	-197,5	-196,4	-191,5	-193,8	-191,5
Шумовая температура приемной системы (К)	80	70	180	150	115	95
Плотность мощности теплового шума (дБ(Вт/Гц))	-209,6	-210,1	-206,0	-206,8	-208,0	-208,8
$E_b/N_0$ (дБ)	10,0	12,7	9,6	15,4	14,2	17,3
Коэффициент ошибок по битам линии	$10^{-8}$		$10^{-7}$		$10^{-8}$	
Порог $E_b/N_0$ (дБ)	3,6		7,20		4,1	
Запас по мощности (дБ)	6,4	9,1	2,40	8,2	10,1	13,2
Коэффициент $q$ (дв – долговременный, кв – кратковременный)	0,33 (дв)	1 (кв)	0,1 (дв)	1 (кв)	0,1 (дв)	1 (кв)
$M_{\min}$ (дБ)	4,5		4,5		4,5	
Процент времени для критериев помех	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125
Критерии помех (дБВт) в эталонной ширине полосы	-144	-134	-146	-129	-144	-126

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Полоса частот (МГц)	7 750–7 900			
	Прямое считывание данных (система С)		Прямое считывание данных (система D)	
Тип земной станции или тип передачи				
Процент времени $p$ , который не удовлетворяется в отношении запаса линии	0,05	20	0,05	20
Угол места (превышаемый для $p$ )	5°	8°	5°	13°
Мощность на входе антенны спутника (дБВт)	9,6		19,4	
Усиление антенны спутника (дБик)	9,6	9,6	3,3	3,3
Э.и.и.м. спутника (дБВт)	19,2	19,2	22,7	22,7
Потери в свободном пространстве (дБ)	179	177	179,4	177
Дополнительные потери на трассе (дБ)	0,5	0,5	2,9	0,5
Усиление антенны земной станции (дБик)	44,9		44,3	
Потери из-за неточной ориентации антенны (дБ)	0,5		1	
Потери рассогласования по поляризации (дБ)	0,5		0,1	
Потери в модуляторе и демодуляторе (дБ)	2,5		3,2	
Эталонная ширина полосы приемника (МГц)	10		10	
Скорость передачи данных (дБ/Гц)	71,1		79,0	
Принимаемая энергия на 1 бит $E_b$ (дБ(Вт/Гц))	-190	-188	-198,6	-193,8
Шумовая температура приемной системы (К)	343	343	252,5	252,5
Плотность мощности теплового шума (дБ(Вт/Гц))	-203	-203	-204,6	-204,6
$E_b/N_0$ (дБ)	13,0	15,0	5,9	10,7
Коэффициент ошибок по битам линии	$10^{-6}$		$10^{-6}$	
Порог $E_b/N_0$ (дБ)	5,0		2,63	
Запас по мощности (дБ)	8,0	10	3,3	8,1
Коэффициент $q$ (дв – долговременный, кв – кратковременный)	0,1 (дв)	1 (кв)	0,1 (дв)	1 (кв)
$M_{\min}$ (дБ)	4,5		4,5	
Процент времени для критериев помех	20	0,0125	20	0,0125
Критерии помех (дБВт) в эталонной ширине полосы	-140	-123	-144	-127

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Полоса частот (МГц)	8 025–8 400					
	Считывание записанных данных (система А)		Считывание записанных данных (система В)		Прямое считывание данных (система С)	
Тип земной станции или тип передачи						
Процент времени $p$ , который не удовлетворяется в отношении запаса линии	0,05	20	0,05	20	0,05	20,0
Угол места (превышаемый для $p$ )	5°	13°	5°	13°	5°	13°
Мощность на входе антенны спутника (дБВт)	12		3		16,9	
Усиление антенны спутника (дБик)	2,4	3,7	28		6,1	
Э.и.и.м. спутника (дБВт)	14,4	15,7	31		23	
Потери в свободном пространстве (дБ)	179,3	177	180	177,8	179,3	177,0
Дополнительные потери на трассе (дБ)	1,2	0,8	1,2	0,8	0,7	0,6
Усиление антенны земной станции (дБик)	54,8		41,7		42,5	
Потери из-за неточной ориентации антенны (дБ)	0,5		0,1		0,5	
Потери рассогласования по поляризации (дБ)	0,4		0,2		0,5	
Потери в модуляторе и демодуляторе (дБ)	2,0		1,5		2,0	
Эталонная ширина полосы приемника (МГц)	10		10		10	
Скорость передачи данных (дБ/Гц)	85,1		83		73	
Принимаемая энергия на 1 бит $E_b$ (дБ(Вт/Гц))	-199,3	-195,3	-193,3	-190,8	-190,5	-188,1
Шумовая температура приемной системы (К)	50	50	100	100	292	275
Плотность мощности теплового шума (дБ(Вт/Гц))	-211,6	-211,6	-208,6	-208,6	-203,9	-204,2
Общая плотность мощности собственного шума $N_0$ (дБ(Вт/Гц))	-211,6	-211,6	-208,6	-208,6	-203,9	-204,2
$E_b/N_0$ (дБ)	12,3	16,3	15,3	17,8	13,5	16,1
Коэффициент ошибок по битам линии	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-7}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-7}$	$< 10^{-10}$
Общий коэффициент ошибок по битам на приеме	$< 10^{-10}$		$< 10^{-7}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Порог $E_b/N_0$ (дБ)	7,2		6,3		9,6	
Запас по мощности (дБ)	5,1	9,1	9,0	11,5	3,8	6,5
Коэффициент $q$ (дв – долговременный, кв – кратковременный)	0,1 (дв)	1 (кв)	0,1 (дв)	1 (кв)	0,1 (дв)	1 (кв)
$M_{\min}$ (дБ)	4,5		4,5		4,5	
Процент времени для критериев помех	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125
Критерии помех (дБВт) в эталонной ширине полосы	-151	-133	-145	-127	-144	-129

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Полоса частот (МГц)	8 025–8 400			
	Считывание записанных данных (система D)		Считывание записанных данных (система E)	
Тип земной станции или тип передачи				
Процент времени $p$ , который не удовлетворяется в отношении запаса линии	0,05	20	0,05	20,0
Угол места (превышаемый для $p$ )	5°	13°	5°	13°
Мощность на входе антенны спутника (дБВт)	15,3		10,0	
Усиление антенны спутника (дБик)	5,5	5,0	3,5	
Э.и.и.м. спутника (дБВт)	20,8	20,3	13,5	
Потери в свободном пространстве (дБ)	179,8	177,6	179,8	177,6
Дополнительные потери на трассе (дБ)	1,6	1,0	1,6	1,0
Усиление антенны земной станции (дБик)	54,8		57,0	
Потери из-за неточной ориентации антенны (дБ)	0,5		0,5	
Потери рассогласования по поляризации (дБ)	0,6		0,6	
Потери в модуляторе и демодуляторе (дБ)	4,9		2,4	
Эталонная ширина полосы приемника (МГц)	10		10	
Скорость передачи данных (дБ/Гц)	84,2		84,45	
Принимаемая энергия на 1 бит $E_b$ (дБ(Вт/Гц))	-196,0	-193,7	-198,85	-196,05
Шумовая температура приемной системы (К)	125	125	120	120
Плотность мощности теплового шума (дБ(Вт/Гц))	-207,6	-207,6	-207,8	-207,8
Общая плотность мощности собственного шума $N_0$ (дБ(Вт/Гц))	-207,6	-207,6	-207,8	-207,8
$E_b/N_0$ (дБ)	11,6	13,9	8,95	11,75
Коэффициент ошибок по битам линии	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$
Общий коэффициент ошибок по битам на приеме	$< 10^{-10}$		$< 10^{-10}$	
Порог $E_b/N_0$ (дБ)	7,6		5,6	
Запас по мощности (дБ)	4,0	6,3	3,35	6,15
Коэффициент $q$ (дв – долговременный, кв – кратковременный)	0,1 (дв)	1 (кв)	0,1 (дв)	1 (кв)
$M_{\min}$ (дБ)	4,5		4,5	
Процент времени для критерия помех	20	0,0125	20	0,0125
Критерий помех (дБВт) в эталонной ширине полосы	-147	-132	-147	-133

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Полоса частот (МГц)	25 500–27 000							
	Сохраненные данные целевой задачи (система А, режим 1)		Прямое считывание данных (система А, режим 2)		Прямое высокоскоростное считывание данных (система В)		Сохраненные данные целевой задачи (система С)	
Процент времени $p$ , который не удовлетворяется в отношении запаса линии	0,05	20,0	0,05	20,0	0,05	20,0	0,05	20
Угол места (превышаемый для $p$ )	5°	13°	5°	13°	5°	13°	5°	8°
Мощность на входе антенны спутника (дБВт)	13,0		13,0		13,0	14,8	6,4	
Усиление антенны спутника (дБик)	28,0		25,0		39,1		37,2	
Э.и.и.м. спутника (дБВт)	41,0		38,0		52,1	53,9	43,6	43,6
Потери в свободном пространстве (дБ)	189,8	187,7	189,8	187,7	188,8	186,4	190,0	187,9
Дополнительные потери на трассе (дБ)	6,4	1,0	6,4	1,0	6,4	1,0	1,0	1,0
Усиление антенны земной станции (дБик)	55,2		42,5		42,5	38,0	58,2	58,2
Потери из-за неточной ориентации антенны (дБ)	0,5		0,5		0,5		0,5	
Потери рассогласования по поляризации (дБ)	0,2		0,2		0,2		0,5	
Потери в модуляторе и демодуляторе (дБ)	2,0		2,0		2,0		2,5	
Эталонная ширина полосы приемника (МГц)	10		10		10		10	
Скорость передачи данных (дБ/Гц)	90,0		76,0		90,0		81,2	
Принимаемая энергия на 1 бит $E_b$ (дБ(Вт/Гц))	-191,9	-184,1	-194,5	-186,9	-193,3	-188,2	-173,6	-171,5
Шумовая температура приемной системы (К)	715,9	557,6	715,9	557,6	552,7	272,8	350	300
Общая плотность мощности собственного шума $N_0$ (дБ(Вт/Гц))	-200,1	-201,1	-200,1	-201,1	-201,2	-204,2	-203,1	-203,8
$E_b/N_0$ (дБ)	7,3	16,0	5,6	14,3	7,9	16,0	29,5	32,4
Коэффициент ошибок по битам линии	$10^{-6}$		$10^{-6}$		$10^{-6}$		$10^{-8}$	
Коэффициент ошибок при обработке данных со спутника	$5 \times 10^{-7}$		–		–		–	
Общий коэффициент ошибок по битам на приеме	$1,5 \times 10^{-6}$		$10^{-6}$		$10^{-6}$		$10^{-8}$	
Порог $E_b/N_0$ (дБ)	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	5,6	5,6
Запас по мощности (дБ)	3,4	12,1	1,7	10,4	4,0	12,1	23,9	26,8
Коэффициент $q$ (дв – долговременный, кв – кратковременный)	0,1 (дв)	1 (кв)	0,1 (дв)	1 (кв)	0,1 (дв)	1 (кв)	0,1 (дв)	1 (кв)
$M_{\min}$ (дБ)	4,5		4,5		4,5		4,5	
Процент времени для критериев помех	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125
Критерии помех (дБВт) в эталонной ширине полосы	-140	-119	-140	-121	-141	-122	-134	-107

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Полоса частот (МГц)	25 500–27 000			
	Сохраненные данные целевой задачи (система D)		Сохраненные данные целевой задачи (система E)	
Тип земной станции или тип передачи				
Процент времени $p$ , который не удовлетворяется в отношении запаса линии	0,05	20	0,05	20
Угол места (превышаемый для $p$ )	5°	13°	5°	13°
Мощность на входе антенны спутника (дБВт)	9,0		14,8	
Усиление антенны спутника (дБик)	38,0	38,0	27,5	27,5
Э.и.и.м. спутника (дБВт)	47,0	47,0	42,3	42,3
Потери в свободном пространстве (дБ)	190	188	190,04	188
Дополнительные потери на трассе (дБ)	6,4	1,0	8,72	1
Усиление антенны земной станции (дБик)	55,4		59,6	
Потери из-за неточной ориентации антенны (дБ)	0,5		0,3	
Потери рассогласования по поляризации (дБ)	0,2		0	
Потери в модуляторе и демодуляторе (дБ)	2,0		5,7	
Эталонная ширина полосы приемника (МГц)	10		10	
Скорость передачи данных (дБ/Гц)	81,1		85,9	
Принимаемая энергия на 1 бит $E_b$ (дБ(Вт/Гц))	-178	-170	-188,8	-179
Шумовая температура приемной системы (К)	363	363	395,5	395,5
Плотность мощности теплового шума (дБ(Вт/Гц))	-203	-203	-202,6	-202,6
$E_b/N_0$ (дБ)	25,0	32,6	13,9	23,6
Коэффициент ошибок по битам линии	$10^{-6}$		$10^{-6}$	
Порог $E_b/N_0$ (дБ)	5,0		6,93	
Запас по мощности (дБ)	20,0	27,6	6,9	16,7
Коэффициент $q$ (дв – долговременный, кв – кратковременный)	0,1 (дв)	1 (кв)	0,1 (дв)	1 (кв)
$M_{\min}$ (дБ)	4,5		4,5	
Процент времени для критериев помех	20	0,0125	20	0,0125
Критерии помех (дБВт) в эталонной ширине полосы	-135	-105	-140	-116

## 2 Метеорологическая спутниковая служба в полосе 137–138 МГц

Анализ качества для системы автоматической передачи изображения (АПИ) в полосе 137–138 МГц предполагает, что спутник находится на высоте 844 км. Система АПИ использует аналоговую модуляцию с шириной полосы 50 кГц. Анализ качества для системы передачи изображения с низкой разрешающей способностью (ПИНРС) в полосе частот 137–138 МГц предполагает ту же самую высоту нахождения спутника.

Передачи ПИНРС осуществляются в цифровой форме (модуляция QPSK с фильтром Найквиста) и работают при номинальной скорости передачи данных 72 кбит/с, включая кодирование Рида–Соломона/сверточное кодирование с перемежением. Ожидается, что два типа земных станций будут работать в системах ПИНРС:

- земная станция с неуправляемой антенной, имеющей низкое усиление 2 дБик, которая обеспечивает местную передачу данных (то есть метеорологические данные для областей на расстоянии порядка 1000 км от земной станции); и
- земная станция с управляемой антенной, имеющей усиление 10 дБик, которая обеспечивает передачу данных на региональном уровне (то есть метеорологические данные для областей, простирающихся на расстоянии более чем 2000 км от земной станции). Земные станции могут быть мобильными или транспортируемыми.

Обычно в системах АПИ работают только ненаправленные антенны с низким усилением (например, 2 дБик).

Применяя методику, представленную в Рекомендации МСЭ-R SA.1022, можно использовать следующий диапазон параметров помех для расчета критериев помех:

<i>Аналоговый приемник</i>	<i>Цифровой приемник</i>
$q$ (долговременный) = 0,5;	$q$ (долговременный) = 0,6;
$q$ (кратковременный) = 1;	$q$ (кратковременный) = 1;
$M_{\min}$ (долговременный) =	$M_{\min}$ (долговременный) =
= $M_{\min}$ (кратковременный) =	= $M_{\min}$ (кратковременный) =
= 0,8 дБ	= 1,2 дБ

Исходя из этого при рассмотрении систем, описанных выше в таблице 2, наиболее характерной можно считать систему С, что приводит к следующим критериям, которые необходимо учитывать в полосе 137–138 МГц:

- долговременный критерий = –142 дБВт/150 кГц;
- кратковременный критерий (0,0125%) = –136 дБВт/150 кГц.

## 3 Метеорологическая спутниковая служба в полосе 400,15–401 МГц

Анализ качества системы в этой полосе проводится в предположении, что высота спутника составляет 833 км. Данные датчиков космического корабля мультиплексируются в поток данных, имеющий скорость передачи 88,75 кбит/с, которая является половиной скоростью при сверточном кодировании для коррекции ошибок. Соответствующие земные станции обычно являются мобильными, что позволяет использовать конструкции антенн, которые дают усиление только 0 дБик.

Применяя методику, представленную в Рекомендации МСЭ-R R SA.1022, можно использовать следующий диапазон параметров помех для расчета критериев помех:

$$q \text{ (долговременный)} = 0,33;$$

$$q \text{ (кратковременный)} = 1;$$

$$M_{\min} \text{ (долговременный)} = M_{\min} \text{ (кратковременный)} = 1,2 \text{ дБ.}$$

Исходя из этого при рассмотрении систем, описанных выше в таблице 2, в полосе 400,15–401 МГц необходимо учитывать следующие критерии:

- долговременный критерий = –157 дБВт/177,5 кГц;
- кратковременный критерий (0,0125%) = –147 дБВт/177,5 кГц.

#### 4 Метеорологическая спутниковая служба в полосе 1698–1710 МГц

В рамках распределения 1690–1710 МГц подполоса 1698–1710 МГц используется для систем метеорологической спутниковой службы на низкой околоземной орбите в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SA.1745.

Анализ качества для систем передачи изображения с высокой разрешающей способностью (ПВРС), а также систем управления и сбора данных (УСД), использующих большие и небольшие земные станции, проводится в предположении, что высота спутника составляет 844 км. Эти системы принимают передачи от того же спутника, на котором применяют узконаправленную антенну, что частично компенсирует потери при распространении по направлению к лимбу Земли по сравнению с надиром. Девиация фазового манипулятора спутника составляет около  $67^\circ$ , в результате чего имеется остаточная несущая, содействующая осуществлению захвата сигнала и когерентной демодуляции. Это немного уменьшает мощность сигнала передачи данных. На больших станциях используется скорость передачи данных 2,667 Мбит/с и кодирование NRZ-L, что дает ширину полосы 5,334 МГц. На небольших станциях используется скорость передачи данных 0,667 Мбит/с и кодирование с расщеплением фазы, что дает ширину эталонной полосы 2,668 МГц.

Будущая система будет передавать низкоскоростные данные по линии вниз со скоростью 3,393 Мбит/с с космического корабля, находящегося на высоте 828 км. Земные станции трех типов будут иметь антенны размерами 1 м, 3 м и 13 м. Единственная антенна, в отношении которой следует провести анализ помех, – это антенна размером 1 м.

Антенны больших размеров имеют более узкую ширину полосы и поэтому меньше подвержены помехам.

Применяя методику, представленную в Рекомендации МСЭ-R SA.1022, можно использовать следующий диапазон параметров помех для расчета критериев помех:

$$q \text{ (долговременный)} = 0,33\text{--}0,6;$$

$$q \text{ (кратковременный)} = 1;$$

$$M_{\min} \text{ (долговременный)} = M_{\min} \text{ (кратковременный)} = 1,2 \text{ дБ.}$$

Исходя из этого при рассмотрении систем, описанных выше в таблице 2, наиболее характерной можно считать систему В, что приводит к следующим критериям, которые необходимо учитывать в полосе 1698–1710 МГц:

- долговременный критерий =  $-146 \text{ дБВт}/2668 \text{ кГц}$ ;
- кратковременный критерий (0,0125%) =  $-138 \text{ дБВт}/2668 \text{ кГц}$ .

#### 5 Метеорологическая спутниковая служба в полосе 7750–7900 МГц

Несколько новых систем метеорологической спутниковой службы на низкой околоземной орбите уже работают или планируются для работы в полосе 7750–7900 МГц. Некоторые системы передают сохраненные данные целевой задачи (считывание записанных данных) на земную станцию управления и сбора данных (УСД), находящуюся, как правило, на высоких северных широтах. Диаметры приемных антенн земных станций обычно составляют около 10 м, в результате чего усиление антенн равно 55 дБи. Шумовая температура системы земной станции составляет около 180 К. Минимальный угол места предполагался равным  $5^\circ$ . Для получения КОБ =  $10^{-7}$  теоретически требуется  $E_b/(N_0 + I_0) = 7,2 \text{ дБ}$ . Эталонная ширина полосы была выбрана равной 10 МГц. Высота орбиты спутника – около 832 км.

Другие спутники, использующие эту полосу частот, обеспечивают высокоскоростную передачу данных (до примерно 80 Мбит/с) со спутника на земные станции трех типов с антеннами размером 2 м, 3 м и 10 м. Антенны размером 2 м и 3 м более восприимчивы к помехам.

Применяя методику, представленную в Рекомендации МСЭ-R SA.1022, можно использовать следующий диапазон параметров помех для расчета критериев помех:

$$q \text{ (долговременный)} = 0,1;$$

$$q \text{ (кратковременный)} = 1;$$

$$M_{\min} \text{ (долговременный)} = M_{\min} \text{ (кратковременный)} = 4,5 \text{ дБ.}$$

Исходя из этого при рассмотрении систем, описанных выше в таблице 2, наиболее характерной можно считать систему D, что приводит к следующим критериям, которые необходимо учитывать в полосе 7750–7900 МГц:

- долговременный критерий = –144 дБВт/10 МГц;
- кратковременный критерий (0,0125%) = –127 дБВт/10 МГц.

## 6 Спутниковая служба исследования Земли (ССИЗ) в полосе 8025–8400 МГц

В отношении систем ССИЗ рассматриваются пять эталонных систем, работающих в полосе 8025–8400 МГц. В системе А имеется спутник на орбите высотой 750 км, который с очень высокой скоростью передачи данных (325 Мбит/с) передает записанные данные на главную станцию сбора данных. На спутнике используется изотропная антенна. В системе В имеется спутник на орбите высотой 850 км, который также с высокой скоростью (200 Мбит/с) передает записанные данные, но с использованием направленной антенны. В системе С имеется спутник на орбите высотой 750 км, который со скоростью 20 Мбит/с передает сигнал данных прибора, работающего в реальном времени, многочисленным распределенным недорогим земным станциям в целях обеспечения прямого считывания данных. Система D аналогична системе А, но с модуляцией 8PSK. Система Е также аналогична системе А, но находится на орбите 820 км.

Во всех системах, за исключением системы D, применяется модуляция QPSK. Применяя методику, представленную в Рекомендации МСЭ-R SA.1022, можно использовать следующий диапазон параметров помех для расчета критериев помех:

$$q \text{ (долговременный)} = 0,1;$$

$$q \text{ (кратковременный)} = 1;$$

$$M_{\min} \text{ (долговременный)} = M_{\min} \text{ (кратковременный)} = 4,5 \text{ дБ.}$$

Исходя из этого при рассмотрении систем, описанных выше в таблице 2, наиболее характерной можно считать систему Е, что приводит к следующим критериям, которые необходимо учитывать в полосе 8025–8400 МГц:

- долговременный критерий = –147 дБВт/10 МГц;
- кратковременный критерий (0,0125%) = –133 дБВт/10 МГц.

## 7 ССИЗ в полосе 25,5–27,0 ГГц

Несколько эталонных систем рассматриваются также в отношении систем ССИЗ, работающих в полосе 25,5–27,0 ГГц.

В эталонной системе А имеется спутник на орбите высотой 822 км, который осуществляет передачу в одном из двух режимов. Первый режим – это используемая для прямого считывания данных передача данных с очень высокой скоростью (1 Гбит/с) главной станции сбора данных. В режиме 2 применяется передача на более низкой скорости (40 Мбит/с) распределенным недорогим земным станциям для прямого считывания данных измерений в реальном времени.

В эталонной системе В имеется спутник на орбите высотой 698 км, обеспечивающий весьма высокоскоростную связь (1 Гбит/с) с недорогими распределенными земными станциями для прямого высокоскоростного считывания данных измерений в реальном времени.

Эталонные системы С и D передают записанный сигнал данных целевой задачи со скоростью около 131,2 Мбит/с со спутника, находящегося на орбите высотой около 828 км. Эталонная система Е также передает записанный сигнал данных целевой задачи со скоростью около 390 Мбит/с со спутника, находящегося на орбите высотой около 832 км.

Применяя методику, представленную в Рекомендации МСЭ-R SA.1022, можно использовать следующий диапазон параметров помех для расчета критериев помех:

$$q \text{ (долговременный)} = 0,1;$$

$$q \text{ (кратковременный)} = 1;$$

$$M_{\min} \text{ (долговременный)} = M_{\min} \text{ (кратковременный)} = 4,5 \text{ дБ.}$$

Исходя из этого при рассмотрении систем, описанных выше в таблице 2, наиболее характерной можно считать систему Е, что приводит к следующим критериям, которые необходимо учитывать в полосе 25,5–27 МГц:

- долговременный критерий =  $-140$  дБВт/10 МГц;
  - кратковременный критерий (0,0125%) =  $-116$  дБВт/10 МГц.
-