

Международный союз электросвязи

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R SA.1414-1

(12/2013)

**Характеристики спутниковых систем
ретрансляции данных**

Серия SA

Космические применения и метеорология



Международный
союз
электросвязи

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	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая 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, 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.1414-1

Характеристики спутниковых систем ретрансляции данных

(Вопрос МСЭ-R 118/7)

(1999-2013)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены параметры спутниковых систем ретрансляции данных (СРД) разных стран мира, которые должны использоваться в качестве руководства для получения критериев совместного использования частот и координационных порогов.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что работа спутниковых систем ретрансляции данных (СРД) осуществляется в соответствии с описанием, приведенным в Рекомендации МСЭ-R SA.1018 "Гипотетическая эталонная система для комплексов, включающих релейные геостационарные спутники и космические корабли на низких околоземных орбитах";
- b)* что расширяются требования к полетам и деятельности по исследованию космоса, осуществляемая, в частности, на низкой околоземной орбите";
- c)* что СРД обеспечивают поддержку многих программ/полетов в рамках службы космических исследований, которые имеют важнейшее значение для обеспечения электросвязи для исследования космоса пилотируемыми и непилотируемыми аппаратами;
- d)* что необходимо установить соответствующие критерии совместного использования частот системами СРД и другими службами, работающими в совпадающих полосах частот;
- e)* что для получения соответствующих критериев совместного использования частот необходимо рассмотреть технические характеристики типовых систем СРД,

рекомендует,

- 1** что характеристики систем СРД, описанные в Приложении 1, могут применяться в исследованиях помех и совместного использования частот;
- 2** что информацию, представленную в Приложении 1, следует использовать также в качестве руководства для получения критериев совместного использования частот и координационных порогов, подходящих для систем СРД.

Приложение 1

Характеристики существующих спутниковых систем
ретрансляции данных (СРД)

ТАБЛИЦА 1

Характеристики прямой фидерной линии Земля-СРД

<i>Передающая земная станция</i>					
Сеть	Российская Федерация	Соединенные Штаты Америки	Европа	Япония	Китай
Местоположение	Российская Федерация ⁽¹⁾	Соединенные Штаты Америки ⁽¹⁾	Европа	Япония	Китай
Диапазон частот (ГГц)	14,5–15,34 выбираемый	14,6–15,25 выбираемый	28,6–29,8 выбираемый	29,5–31 выбираемый	29,4–30,2 выбираемый
Описание линии	Прямые фидерные линии Диапазон Ku ⁽⁵⁾	Составная ⁽²⁾	Децентрализованная ⁽³⁾	Децентрализованная ^{(3), (4)}	Составная ⁽⁷⁾
Скорость передачи	≤ 90 Мбит/с	≤ 25 Мбит/с	≤ 10 Мбит/с	≤ 50 Мбит/с	≤ 100 Мбит/с
Модуляция	QPSK/SSM ⁽⁶⁾ , QPSK	PSK	PSK		
Поляризация	Левосторонняя круговая	Линейная	Линейная	Круговая	Линейная
Размер антенны (м)	13,1	18,3	3 и 9	5, 9,2 и 13	3, 12 и 15
Коэффициент усиления передающей антенны (дБи)	63,3	66,4	57,6 и 67,6	63, 68,2 и 71,4	56,9, 68,2 и 70,1
Диаграмма направленности передающей антенны	Рек. МСЭ-R S.580	Дополнение III к Приложению 8 PP			
Необходимая ширина полосы (МГц)	≤ 80 на канал	650 (составная)	≤ 100	≤ 978 (составная)	≤ 800 (составная)
Максимальная спектральная плотность мощности (дБ(Вт/Гц))	-52,8	-58	-38	-32,5	-47
Максимальная спектральная плотность э.и.и.м. (дБ(Вт/Гц))	10,5	8,8	19,6	38,9	23,1
<i>Приемный СРД</i>					
Орбитальные позиции	160° з. д., 16° з. д., 95° в. д., 167° в. д.	Рек. МСЭ-R SA.1275 или Рек. МСЭ-R SA.1276			
Размер антенны (м)	0,6	1,8	0,4	2,0	1,5
Коэффициент усиления приемной антенны (дБи)	36	47,0	40,2	53	49,5
Диаграмма направленности приемной антенны	Рек. МСЭ-R S.672				
Шумовая температура системы (К)	550	977	1 305	890 и 579	1 318
Готовность линии (%)	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9
Критерий помех	Рек. МСЭ-R SA.1155				

-
- (1) Земные станции сети Российской Федерации расположены на территории Российской Федерации. Земные станции сети Соединенных Штатов Америки расположены в Уайт-Сендс (Нью-Мексико), Блоссом-Пойнт (Мэриленд) и на Гуаме. Координаты станций: 32,5° с. ш., 106,60° з. д. (Уайт-Сендс); 38,43° с. ш., 77,08° з. д. (Блоссом Пойнт); и 13,62° с. ш., 144,86° в. д. (Гуам).
 - (2) Составная линия сети Соединенных Штатов Америки включает семь каналов: один канал управления и определения расстояния для СРД, один пилотный тональный сигнал для СРД, одну линию многостанционного доступа (S-MA) диапазона S (2 ГГц), две линии одностанционного доступа (S-SA) диапазона S и две линии одностанционного доступа (K-SA) диапазона Ku (14/11 ГГц и 30/20 ГГц).
 - (3) Наземная система СРД Европы состоит из 12 земных станций, включая земную станцию TT&C, расположенные в разных странах Европы. Земная станция взаимодействует с СРД с помощью его антенны, обеспечивающей европейскую зону покрытия.
 - (4) В сети Японии применяется принцип децентрализованной линии, который допускает использование независимых прямых фидерных линий от разных земных станций.
 - (5) В СРД Российской Федерации используется несколько независимых прямых фидерных линий, в том числе линии многостанционного доступа (S-MA) диапазона S (2 ГГц), линии одностанционного доступа (S-SA) диапазона S, линии одностанционного доступа (Ku-SA) диапазона Ku и линии системы дифференциальной коррекции и контроля, которые дополнены для системы ГЛОНАСС (ГЛОНАСС/SDCM).
 - (6) SSM: модуляция с расширением спектра.
 - (7) В сетях Китая реализован принцип составной линии, который допускает использование прямых фидерных линий от разных земных станций.

ТАБЛИЦА 2

Характеристики прямой линии СРД – космический аппарат

Передающий СРД															
Сеть	Российская Федерация	Китай	Соединенные Штаты Америки	Европа	Япония	Соединенные Штаты Америки	Китай	Российская Федерация	Российская Федерация	Соединенные Штаты Америки	Европа	Япония	Соединенные Штаты Америки	Китай	
Орбитальные позиции	16° з. д., 95° в. д., 167° в. д.	Рек. МСЭ-R SA.1275 или Рек. МСЭ-R SA.1276						16° з. д., 95° в. д., 167° в. д.	160° з. д., 16° з. д., 95° в. д., 167° в. д.	Рек. МСЭ-R SA.1275 или Рек. МСЭ-R SA.1276					
Диапазон частот (ГГц)	2,025– 2,110 ⁽³⁾	2,090– 2,098	2,103– 2,110	2,025–2,110 ⁽¹⁾				13,4–13,8	13,750– 13,800	22,55–23,55					
Описание линии	Линии многостанционного доступа (S-MA)			Линии одностанционного доступа (S-SA)				Линии одностанционного доступа (Ku-SA)		Линии одностанционного доступа (Ka-SA)					
Скорость передачи (бит/с)	≤ 1 кбит/с	≤ 300 кбит/с 3 Мэлемент/с		≤ 1 Мбит/с	≤ 6 Мбит/с	≤ 300 кбит/с 3 Мэлемент/с	≤ 300 кбит/с 3 Мэлемент/с	≤ 64 кбит/с	≤ 40 Мбит/с	≤ 25 Мбит/с	≤ 10 Мбит/с	≤ 50 Мбит/с	≤ 25 Мбит/с	≤ 100 Мбит/с	
Модуляция	QPSK/SSM ⁽²⁾	PSK	SQPN/PSK ⁽²⁾				PSK	QPSK/SSM ⁽²⁾	QPSK	PSK					
Поляризация	RHC	LHC	LHC	Круговая				RHC	RHC	Круговая					
Размер антенны (м)	Фазированная решетка		Фазированная решетка	2,8	3,6	4,9	4,2	4	4	4,9	2,8	3,6	4,9	4,2	
Коэффициент усиления передающей антенны (дБи)	14,3	26	26,0	34	36,4	36,0	35	35,0	51,8	51,2	53,4	57,4	54,7	56,5	
Диаграмма направленности передающей антенны	Рек. МСЭ-R S.672	Рек. МСЭ-R S.672	Рек. МСЭ-R S.672												
Необходимая ширина полосы (МГц)	≤ 6	≤ 8	≤ 6	≤ 6	30	6	20	6	40	50	60	≤ 150	50	≤ 100	
Максимальная спектральная плотность мощности (дБ(Вт/Гц))	–52,5	–46	–51,8	–54,7	–44,5	–55,3	–49,9	–56,4	–66,6	–79,7	–65,1	–49,5	–68,7	–64	
Максимальная спектральная плотность э.и.и.м. (дБ(Вт/Гц))	–38,2	–20	–25,8	–20,7	–8,1	–19,3	–14,9	–21,4	–14,8	–28,5	–11,7	–7,9	–14,0	–7,5	

LHC – Левосторонняя круговая; RHC – правосторонняя круговая.

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Приемный космический аппарат														
Сеть	Российская Федерация	Китай	Соединенные Штаты Америки	Европа	Япония	Соединенные Штаты Америки	Российская Федерация	Китай	Российская Федерация	Соединенные Штаты Америки	Европа	Япония	Соединенные Штаты Америки	Китай
Орбитальные позиции	В основном, низкая околоземная орбита													
Диапазон частот (ГГц)	2,025–2,110 ⁽³⁾	2,090–2,098	2,103–2,110	2,025–2,110 ⁽¹⁾				13,4–13,8	13,750–13,800	22,55–23,55				
Размер антенны (м)	Ненаправленная, решетчатая			Ненаправленная, решетчатая, параболическая = ≤ 1,5				Ненаправленная, решетчатая, параболическая = ≤ 0,8	≤ 1,2	≤ 1,5	≤ 1,3		≤ 1,3	≤ 0,8
Коэффициент усиления приемной антенны (дБи)	≤ 1,5 / ≤ 7,2	≤ 11	≤ 1,5	≤ 27,3	≤ 27,1	≤ 27,3	≤ 11	≤ 15	≤ 40,8	≤ 44	≤ 47	≤ 48,9	≤ 47	≤ 43
Диаграмма направленности приемной антенны	Рек. МСЭ-R S.672 для антенн с высоким коэффициентом усиления							Рек. МСЭ-R S.672						
Шумовая температура системы (К)	450	600	600	600	680	600	450	600	550	1 000	1 400	850	1 400	1 400
Требуемое отношение E_b/N_0 (дБ)	10,6	9,5	–9,5	9,5	10,5	9,5	10,6	9,5	10,6	9,5	9,5	10,8	9,5	9,5
Требуемый BER	1×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1×10^{-6}		1×10^{-5}	1×10^{-6}
Надежность линии (%)	99,9	99,9	99,99	99,9	99,9	99,99	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9		99,9	99,9
Критерий помех	Рек. МСЭ-R SA.1155													

SQPN: Чередующаяся квадратурная модуляция по псевдослучайному шуму; SSM: Модуляция с расширением спектра.

⁽¹⁾ Частота передачи выбирается с шагом 5 МГц, с шагом $500 \times 221/240$ кГц для СРД Российской Федерации, с шагом 1 МГц для СРД Китая.

⁽²⁾ Сигналы с низкими скоростями передачи данных будут расширены с помощью псевдослучайного шумового кода в целях соблюдения пределов п.п.м.

⁽³⁾ В Российской Федерации частота передачи СРД выбирается с шагом $500 \times 221/240$ кГц.

ТАБЛИЦА 3

Характеристики обратного канала космический аппарат – СРД

Передающий космический аппарат														
Сеть	Российская Федерация	Китай	Соединенные Штаты Америки	Европа	Япония	Соединенные Штаты Америки	Китай	Российская Федерация	Российская Федерация	Соединенные Штаты Америки	Европа	Япония	Соединенные Штаты Америки	Китай
Орбитальные позиции	В основном, низкая околоземная орбита													
Диапазон частот (ГГц)	2,200–2,290 ⁽³⁾	2,270–2,278	2,284–2,291	2,200–2,290 ⁽¹⁾				14,76–15,34	14,891–15,116	25,25–27,50				
Описание линии	Линии многостанционного доступа (S-MA)			Линии одностанционного доступа (S-SA)				Линии одностанционного доступа (Ku-SA)		Линии одностанционного доступа (Ka-SA)				
Скорость передачи	≤ 1 кбит/с	≤ 300 кбит/с 3 Мэлемент/с	≤ 3 Мбит/с	≤ 1 Мбит/с	≤ 12 Мбит/с	≤ 6 Мбит/с	≤ 2 Мбит/с	≤ 64 кбит/с	≤ 90 Мбит/с	≤ 300 Мбит/с	≤ 150 Мбит/с	≤ 300 Мбит/с	≤ 800 Мбит/с	≤ 600 Мбит/с
Модуляция	QPSK/SSM	PSK	SQPN/PSK ⁽²⁾				PSK	QPSK/SSM	QPSK	PSK				
Поляризация	RHC	LHC	LHC	Круговая				RHC	RHC	Круговая				
Размер антенны (м)	Ненаправленная, решетчатая			Ненаправленная, решетчатая, параболическая = ≤ 1,5			Ненаправленная, решетчатая, параболическая = ≤ 0,8	Ненаправленная, решетчатая, параболическая = ≤ 1,5	≤ 1,2	≤ 1,5		≤ 1,9	≤ 1,5	≤ 0,8
Коэффициент усиления передающей антенны (дБи)	≤ 1,5 / 7,2	≤ 11	≤ 15	≤ 27,3	≤ 27,6	≤ 27,3	≤ 15	≤ 11	≤ 42,2	≤ 43	≤ 47	≤ 49,7	≤ 47	≤ 44,5
Диаграмма направленности передающей антенны	Рек. МСЭ-R S.672 для антенн с высоким коэффициентом усиления								Рек. МСЭ-R S.672					
Необходимая ширина полосы (МГц)	6	8	6	≤ 6	20	6	20	6	≤ 80 на канал	≤ 225	≤ 300	≤ 300	≤ 650	≤ 600
Максимальная спектральная плотность мощности (дБ(Вт/Гц))	-55,8	-46	-60,8	-51	-55,7	-60,8	-46	55,8	-71,5	-73,5	-65,1	-58,8	-67,5	-50
Максимальная спектральная плотность э.и.и.м. (дБ(Вт/Гц))	Соответствует пределам п.п.м.								-29,3	-30,5	-23	-9,1	-20,5	-5,5

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

Приемный СРД															
Сеть	Российская Федерация	Китай	Соединенные Штаты Америки	Европа	Япония	Соединенные Штаты Америки	Китай	Российская Федерация	Российская Федерация	Соединенные Штаты Америки	Европа	Япония	Соединенные Штаты Америки	Китай	
Орбитальные позиции	16° з. д., 95° в. д., 167° в. д.	Рек. МСЭ-R SA.1275 или Рек. МСЭ-R SA.1276						16° з. д., 95° в. д., 167° в. д.	160° з. д., 16° з. д., 95° в. д., 167° в. д.	Рек. МСЭ-R SA.1275 или Рек. МСЭ-R SA.1276					
Диапазон частот (ГГц)	2,200– 2,290 ⁽¹⁾	2,270– 2,278	2,284– 2,291	2,200–2,290 ⁽¹⁾				14,76–15,34	14,891– 15,116	25,25–27,50					
Размер антенны (м)	Рупорная	Фазированная решетка		2,8	3,6	4,9	4,2	4	4	4,9	2,8	3,6	4,9	4,2	
Коэффициент усиления приемной антенны (дБи)	14,8	27	30,0	34,7	37,2	36,8	36,5	35,7	52,6	52,6	53,4	58,8	55,9	57,5	
Диаграмма направленности приемной антенны	Рек. МСЭ-R S.672	Рек. МСЭ-R S.672	Рек. МСЭ-R S.672												
Шумовая температура системы (К)	450	741	478	590	404	537	741	550	550	661	1 305	475	870	1 000	
Надежность линии (%)	99,9	99,9	99,99		99,9	99,99	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9		99,9	99,9	
Критерий помех	Рек. МСЭ-R SA.1155														

⁽¹⁾ Частота передачи выбирается с шагом 5 МГц для СРД Соединенных Штатов Америки, с шагом 100 кГц для СРД Японии, с шагом 500 кГц для СРД Российской Федерации, с шагом 1 МГц для СРД Китая.

⁽²⁾ Сигналы с низкими скоростями передачи данных будут расширены с помощью псевдослучайного шумового кода в целях соблюдения пределов п.п.м.

ТАБЛИЦА 4

Характеристики обратной фидерной линии СРД-Земля

<i>Передающий СРД</i>					
Сеть	Российская Федерация	Соединенные Штаты Америки	Европа	Япония	Китай
Орбитальные позиции	160° з. д., 16° з. д., 95° в. д., 167° в. д. Рек. МСЭ-R SA.1275 или Рек. МСЭ-R SA.1276				
Диапазон частот (ГГц)	10,7–10,95, 11,45–11,7, 12,5–12,75	13,4–14,05	18,1–21,2	19,7–21,2	18,9–21,2
Описание линии	Диапазон Ku (14/11 ГГц) обратная фидерная	Диапазон Ku (14/11 ГГц) обратная фидерная	Диапазон Ka (30/20 ГГц) обратная фидерная		
Скорость передачи (Мбит/с)	≤ 150 ⁽³⁾	(1)	(2)	(2)	(4)
Модуляция	QPSK, QPSK/SSM	PSK		SQPN/PSK	PSK
Поляризация	RHC	Линейная		Круговая	Линейная
Размер антенны (м)	0,6	2	0,4	2,0	1,5
Коэффициент усиления передающей антенны (дБи)	34,3	44,8	40,2	49,5	46,4
Диаграмма направленности передающей антенны	Рек. МСЭ-R S.672				
Необходимая ширина полосы (МГц)	≤ 150 на канал	650 (составная), 225 (выделенная)	≤ 300	839	≤ 2 300 (составная)
Максимальная спектральная плотность мощности (дБ(Вт/Гц))	-57,5	-58,6	-61	-40,9	-57,1
Максимальная спектральная плотность э.и.и.м. (дБ(Вт/Гц))	-23,2	-13,8	-20,8	8,6	-10,7
<i>Приемная земная станция</i>					
Местоположение	Российская Федерация	Соединенные Штаты Америки	Европа	Япония	Китай
Размер антенны (м)	13,1	18,3	3, 9	5, 9,2 и 13	3, 12 и 15
Коэффициент усиления приемной антенны (дБи)	61,3	65,5	54, 63,9	59,5, 67,7	53,4, 65,5 и 67,1
Диаграмма направленности приемной антенны	Рек. МСЭ-R S.580	Дополнение III к Приложению 8 PP			
Шумовая температура системы (К)	320	300	795	200	330
Готовность линии (%)	99,9	99,9	99,9		
Критерий помех	Рек. МСЭ-R SA.1155, Рек. МСЭ-R S.741	Рек. МСЭ-R SA.1155			

(1) СРД Соединенных Штатов Америки осуществляет передачу по выделенной и составной линии. Скорость передачи по выделенной линии составляет 300 Мбит/с; для составной линии скорость передачи равна приблизительно 800 Мбит/с.

(2) В сетях Европы и Японии применяется принцип децентрализованной линии, который допускает использование независимых обратных фидерных линий к разным земным станциям.

(3) СРД Российской Федерации осуществляет передачу по нескольким независимым обратным фидерным линиям в указанном диапазоне частот со скоростями передачи ≤ 150 Мбит/с.

(4) В сетях Китая реализован принцип составной линии, который допускает использование обратных фидерных линий к разным земным станциям.