

# МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R М.1904**  
(01/2012)

**Характеристики, требования  
к показателям качества и критерии  
защиты приемных станций  
радионавигационной спутниковой  
службы (космос-космос), работающих  
в полосах частот 1164–1215 МГц,  
1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц**

**Серия М**

**Подвижная спутниковая служба,  
спутниковая служба радиопределения,  
любительская спутниковая служба  
и относящиеся к ним спутниковые службы**



## 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 1 МСЭ-R. 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
<b>M</b>	<b>Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы</b>
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 1 МСЭ-R.

Электронная публикация  
Женева, 2012 г.

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.1904

**Характеристики, требования к показателям качества и критерии защиты приемных станций радионавигационной спутниковой службы (космос-космос), работающих в полосах частот 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц**

(Вопросы МСЭ-R 217-2/4 и МСЭ-R 288/4)

(2012)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации представлены характеристики и критерии защиты расположенных на борту космических аппаратов приемников радионавигационной спутниковой службы (РНСС). Данная информация предназначена для проведения анализа воздействия радиочастотных помех от излучений источников, не относящихся к РНСС, на приемники РНСС, работающие в направлении космос-космос в полосах 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что приемники на борту космических аппаратов РНСС, использующие существующие или запланированные передачи в полосах 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц, уже работают или планируются для работы на космических аппаратах в различных спутниковых сетях и системах;
- b) что излучения по линии вниз РНСС в полосах 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц могут также использоваться для применений космос-космос (например, определение местоположения космических аппаратов) без использования дополнительных ресурсов спектра;
- c) что в Рекомендации МСЭ-R М.1787 приводится информация о характеристиках сигналов в системах и сетях РНСС, а в Рекомендациях МСЭ-R М.1905, МСЭ-R М.1902 и МСЭ-R М.1903 приводится информация о технических и эксплуатационных характеристиках приемников РНСС для систем и сетей РНСС;
- d) что в Рекомендации МСЭ-R М.1901 приводится информация об этой и других Рекомендациях МСЭ-R, относящихся к системам и сетям РНСС, работающих в полосах частот 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц, 1559–1610 МГц, 5000–5010 МГц и 5010-5030 МГц,

*признавая,*

- a) что полосы 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц распределены во всех трех Районах РНСС (космос-Земля и космос-космос) на первичной основе;
- b) что согласно п. 5.329А Регламента радиосвязи "использование систем радионавигационной спутниковой службы (космос-космос), работающих в полосах 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц не предусматривает обеспечение применений служб, относящихся к безопасности, и не налагает каких-либо дополнительных ограничений на другие системы или службы, работающие в соответствии с Таблицей распределения частот";
- c) что полосы 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц также распределены во всех трех Районах другим службам на первичной основе,

*рекомендует,*

**1** чтобы при проведении анализа радиочастотных помех от источников радиосигналов, не относящихся к РНСС, на бортовые приемники космических аппаратов РНСС, работающие (космос-космос) в полосах 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц, использовались характеристики и критерии защиты приемников РНСС, указанные в Приложениях 1, 2, 3;

**2** чтобы при расчете помех радионавигационным спутниковым бортовым приемникам могли использоваться пороговые значения суммарной мощности помех, приведенные в Приложениях;

3 чтобы при расчете помех бортовым приемникам космических аппаратов РНСС на больших высотах могли использоваться требования, приведенные в Приложениях 1, 2, 3 вместе с другими характеристиками систем РНСС;

4 чтобы при расчете помех бортовым приемникам космических аппаратов РНСС в случае превышения пороговых значений суммарной мощности помех, указанных в Приложениях, могли использоваться требования, приведенные в Приложениях 1, 2, 3 вместе с другими характеристиками систем РНСС;

5 чтобы нижеприведенное примечание рассматривалось как часть данной Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Настоящая Рекомендация не предназначена к использованию в целях формирования основы для дальнейших изменений максимальных уровней нежелательного излучения для полосы 1559–1610 МГц, которые указаны в Приложениях к Рекомендациям МСЭ-R М.1343-1 и МСЭ-R М.1480 для подвижных земных станций (ПЗС) подвижных спутниковых служб (ПСС). Максимальные уровни нежелательного излучения для полосы 1559–1610 МГц, указанные в Рекомендациях МСЭ-R М.1343-1 и МСЭ-R М.1480, разработаны согласно конкретному сценарию помех и не предназначены для применения любой другой службой, кроме ПЗС в рамках ПСС, работающих в полосе 1–3 ГГц, без проведения дополнительного изучения.

## Приложение 1

### Характеристики приемников на борту космических аппаратов системы ГЛОНАСС

В таблице 1-1 приводятся характеристики приемников на борту космических аппаратов РНСС для использования в системе ГЛОНАСС.

ТАБЛИЦА 1-1

#### Характеристики приемников на борту космических аппаратов системы ГЛОНАСС

Параметр	Значение
Несущие частоты (МГц)	(1998–2005 гг.) <sup>(1)</sup> $F = 1\,602 + 0,5625 K$ , где $K = -7, \dots, 13$ $F = 1\,246 + 0,4375 K$ , где $K = -7, \dots, 13$ (после 2005 г.) $F = 1\,602 + 0,5625 K$ , где $K = -7, \dots, 6$ $F = 1\,246 + 0,4375 K$ , где $K = -7, \dots, 6$ $F = 1\,204,704 + 0,423 K$ , где $K = -7, \dots, 12$

ТАБЛИЦА 1-1 (продолжение)

Параметр	Значение
Скорость передачи элементов кода псевдослучайного шума (Мэлемент/с)	5,11 (сигналы HA L1 и сигналы HA L2) 0,511 (сигналы SA L1 и сигналы SA L2) 4,095 (сигналы HA L3 и сигналы SA L3)
Битовая скорость передачи навигационных данных (бит/с)	50 (сигналы L1 и L2) 125 (сигналы L3)
Максимально допустимый коэффициент ошибок по битам	$1 \times 10^{-5}$
Метод модуляции сигнала	Двухпозиционная фазовая манипуляция (BPSK)
Поляризация	Правая круговая поляризация (RHCP)
Коэффициент эллиптичности (дБ)	-1,55
Минимальный уровень принимаемой мощности (дБВт)	-170
Минимальное усиление антенны приемника <sup>(2)</sup> (дБи) для соответствующего угла места (градусы)	-6 (сигналы L1, L2, L3) для 5 градусов
Максимальное усиление антенны приемника в верхней полусфере (дБи)	3
Максимальное усиление антенны приемника в нижней полусфере (дБи)	0
Полоса пропускания РЧ-фильтра на уровне 3 дБ (МГц)	60 (сигналы L1) 30 (сигналы L2) 17 (сигналы L3)
Полоса пропускания предварительного корреляционного фильтра на уровне 3 дБ (МГц)	22 (сигналы L1) 20 (сигналы L2) 17 (сигналы L3)
Шумовая температура приемной системы <sup>(2)</sup> (К)	100–670
Пороговый уровень мощности суммарной узкополосной помехи на выходе пассивной антенны в режиме отслеживания (дБВт) <sup>(3)</sup>	-149
Пороговый уровень мощности суммарной узкополосной помехи на выходе пассивной антенны в режиме захвата (дБВт) <sup>(3)</sup>	-155
Пороговый уровень плотности мощности суммарной широкополосной помехи на выходе пассивной антенны в режиме отслеживания (дБВт/МГц) <sup>(3)</sup>	-140
Пороговый уровень плотности мощности суммарной широкополосной помехи на выходе пассивной антенны в режиме захвата (дБВт/МГц) <sup>(3)</sup>	-146
Уровень сжатия сигнала на входе приемника (дБВт)	-80

ТАБЛИЦА 1-1 (окончание)

Параметр	Значение
Уровень сохранения работоспособности приемника (дБВт)	-1
Время восстановления после перегрузки (с)	$1 \times 10^{-3}$

HA = высокая точность.

SA = стандартная точность.

- (1) Приемники ГЛОНАСС, изготовленные до 2006 года, могут работать с навигационными сигналами, имеющими номера частот несущей (К) от -7 до +13.
- (2) Различные приемники на борту космических аппаратов могут иметь значения, отличающиеся от этих типичных значений.
- (3) Пороговое значение должно учитываться для всех суммарных помех от источников, не относящихся к РНСС. Это пороговое значение не включает в себя запас безопасности в 6 дБ.

## Приложение 2

### Характеристики приемников на борту космических аппаратов глобальной системы определения местоположения Navstar

Приведенные ниже характеристики приемников предназначены для анализа помех, причиняемых РНСС, от источников радиосигналов, не относящихся к РНСС, и не должны считаться техническими требованиями, спецификациями или стандартами. Актуальная информация по глобальной системе определения местоположения (GPS), работающей в полосах 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц, приводится в Рекомендации МСЭ-R М.1787.

В таблице 2-1 приводятся характеристики приемников на борту космических аппаратов РНСС для использования в системе GPS. Следует отметить, что поскольку технические требования и условия эксплуатации для приемников на борту космических аппаратов отличаются от таковых для наземных приемников, их характеристики могут быть различны. Например, захват сигнала может быть затруднен для бортового приемника космического аппарата на низкой околоземной орбите из-за больших доплеровских сдвигов частоты и более короткого времени видимости спутников РНСС.

ТАБЛИЦА 2-1

#### Характеристики приемников на борту космических аппаратов системы GPS<sup>1</sup>

Параметр	Значение параметра
Диапазон изменения частоты сигнала (МГц)	1 575,42 ± 15,345 (сигнал L1 GPS), 1 227,6 ± 15,345 (сигнал L2 GPS), 1 176,45 ± 12 (сигнал L5 GPS)
Максимальное усиление антенны приемника в верхней полусфере (дБи)	7,0 (антенна ориентирована в направлении зенита от низкой околоземной орбиты LEO) (относится к сигналу с правой круговой поляризацией)

<sup>1</sup> Более подробная информация по характеристикам сигнала GPS в этих полосах содержится в Рекомендации МСЭ-R М.1787.

ТАБЛИЦА 2-1 (продолжение)

Параметр	Значение параметра
Максимальное усиление антенны приемника в нижней полусфере (дБи)	-10,0 (антенна ориентирована в направлении зенита от LEO) (относится к сигналу с правой круговой поляризацией)
Полоса пропускания РЧ-фильтра на уровне -3 дБ (МГц)	24,0
Полоса пропускания предварительного корреляционного фильтра на уровне -3 дБ (МГц)	20,46
Шумовая температура приемной системы (К)	111,0 (Примечание 1)
Пороговый уровень мощности сигнала в режиме отслеживания для суммарной узкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБВт)	-164,0 (сигнал L1) (Примечание 2) -157,0 (сигнал L2) (Примечание 3) -154,0 (сигнал L5) (Примечание 4) (ширина полосы мешающего сигнала < 1 МГц) (эти значения применяются, в первую очередь, к источникам помех в космосе)
Пороговый уровень мощности сигнала в режиме захвата для суммарной узкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБВт)	-164,0 (сигнал L1) (Примечание 2) -163,0 (сигнал L2) (Примечание 5) -154,0 (сигнал L5) (Примечание 4) (ширина полосы мешающего сигнала < 1 МГц) (эти значения применяются, в первую очередь, к источникам помех в космосе)
Пороговый уровень плотности мощности (в режиме отслеживания) суммарной широкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБ(Вт/МГц))	-154,0 (Примечание 6) (ширина полосы мешающего сигнала $\geq 1$ МГц)
Пороговый уровень плотности мощности (в режиме захвата) суммарной широкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБ(Вт/МГц))	-154,0 (Примечание 6) (ширина полосы мешающего сигнала $\geq 1$ МГц)
Уровень сжатия сигнала на входе приемника (дБВт)	-56,0
Уровень сохранения работоспособности приемника (дБВт)	-15,0
Время восстановления после перегрузки (с)	$10^{-6}$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Это значение шумовой температуры основано на существующем приемнике на борту космического аппарата, который используется для определения орбиты космических аппаратов с сантиметровой точностью. Приемник имеет мал шумящий усилитель с коэффициентом шума 0,8 дБ, направленную на зенит антенну в 7 дБи с шумовой температурой антенны 10К и потерями в кабеле 0,5 дБ. Нижний уровень теплового шума, таким образом, составляет  $N_0 = 10 \log(kT_{sys}) = -208$  дБ(Вт/Гц) = -148 дБ(Вт/МГц), где  $k$  – это постоянная Больцмана.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Это пороговое значение применяется только к каналу приемника с сигналом L1 кода SA и для ширины полосы мешающего непрерывного узкополосного сигнала менее 700 Гц. Для значений ширины полосы от 700 Гц до 1 МГц пороговое значение растет следующим образом (см. рис. 2 в Рекомендации МСЭ-R М.1903); (1) для ширины полосы мешающего сигнала  $B_f$  от 700 Гц до 10 кГц пороговое значение растет линейно с  $\log(B_f)$  ( $B_f$  в кГц) от -164 дБВт при  $B_f = 0,7$  кГц до -157 дБВт при  $B_f = 10$  кГц; (2) для  $10 \text{ кГц} \leq B_f \leq 100 \text{ кГц}$  пороговое значение растет линейно с  $\log(B_f)$  ( $B_f$  в кГц) от -157 дБВт при  $B_f = 10$  кГц до -154 дБВт при  $B_f = 100$  кГц; (3) для  $100 \text{ кГц} \leq B_f \leq 1000 \text{ кГц}$  пороговое значение составляет -154 дБВт.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Это значение основано на сигнале L2C, состоящем из кода умеренной длины со скоростью 511,5 килоэлемент/с (L2C-M) с периодом кода 20 мс, уплотненного по времени с другим длинным кодом со скоростью 511,5 килоэлемент/с (L2C-L) с периодом кода 1500 мс, для создания общей скорости передачи в 1,023 элемент/с. Пороговые уровни для значений ширины полосы мешающего сигнала от 1 кГц до 1 МГц для сигнала L2C не определены и для них может потребоваться дополнительное изучение.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Это пороговое значение обусловлено спектральной линейной природой пилотного сигнала L5, который может привести к возможности подавления помех на 10 дБ меньше, чем было рассчитано исходя из предположения неперидического случайного кода со скоростью в 10,23 Мэлемент/с, с непрерывным спектром мощности (т. е. при допущении случайного кода, пороговое значение должно быть -144 дБВт). Пороговые уровни для значений ширины полосы мешающего сигнала между 700 Гц и 1 МГц сейчас изучаются.

ТАБЛИЦА 2-1 (окончание)

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Это значение основывается на прямом захвате сигнала L2C с использованием L2C-M. Пороговые уровни для значений ширины полосы мешающего сигнала от 1 кГц до 1 МГц для L2C не определены, и для них может потребоваться дополнительное изучение.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Данное пороговое значение основывается на отношении  $I/N$  в  $-6$  дБ по отношению к нижнему порогу теплового шума ( $N_0 = -148$  дБ(Вт/МГц)). Соответственно, эта помеха приведет к увеличению нижнего порога теплового шума на 1 дБ. Увеличение нижнего порога шума может быть больше 1 дБ в полосах 1215–1300 МГц и 1164–1215 МГц из-за потенциальных импульсных РЧ-помех (например, от бортовых РЛС с синтезированной апертурой на космических аппаратах и/или передатчиков ВРНС). Воздействие импульсных РЧ-помех на эксплуатационные характеристики приемника будет зависеть от множества факторов, включая мощность принятого импульса (пиковую/среднюю), длительность импульса, рабочий цикл импульса, а также специфические параметры приемника, такие как уровень насыщения входного каскада, время восстановления после насыщения, уровень насыщения автоматической регулировки усиления и постоянная времени (при использовании мультибитного АЦП), типа АЦП и пороговых уровней квантования. Требуется дополнительное изучение в МСЭ-R для разработки метода оценки воздействия импульсных РЧ-помех на приемники РНСС.

### Приложение 3

#### Характеристики приемников на борту космических аппаратов системы Галилео

В таблице 3-1 приводятся характеристики приемников на борту космических аппаратов РНСС для использования в системе Галилео.

ТАБЛИЦА 3-1

#### Характеристики приемников на борту космических аппаратов системы Галилео

Параметр	Значение параметра					
	E5a	E5b	E6 CS	E6 PRS	E OS	E PRS
Диапазон изменения частоты сигнала (МГц)	1 176,45 ± 12	1 207,14 ± 12	1 278,75 ± 20,5		1 575,42 ± 16	
Скорость передачи элементов кода псевдослучайного шума (Мэлемент/с)	10,023		5,115		1,023	2,5575
Символьные/битовые скорости передачи навигационных данных (бит/с, симв/с)	25 бит/с 50 симв/с	125 бит/с 250 симв/с	500 бит/с 1 000 симв/с	засекречено	125 бит/с 250 симв/с	засекречено
Максимально допустимый коэффициент ошибок по битам	$2 \times 10^{-7}$					
Метод модуляции сигнала	AltBOC (15,10)		BPSK (5)	BOC (10,5)	MBOC	BOC (15; 2,5)
Поляризация	RHCP					
Минимальный уровень принимаемой мощности (дБВт)	-160					
Максимальное усиление антенны приемника в верхней полусфере (дБи)	7,0 (спутник LEO) 14 (спутник на геостационарной орбите (ГСО))					
Максимальное усиление антенны приемника в нижнем полушарии (дБи)	-10,0 (спутник LEO) -15 (спутник ГСО)					



ТАБЛИЦА 3-1 (окончание)

Параметр	Значение параметра					
	E5a	E5b	E6 CS	E6 PRS	E OS	E PRS
Полоса пропускания РЧ-фильтра на уровне 3 дБ (МГц)	51,15		30,69		от 4 (базовая) до 24 (научное использование)	32
Полоса пропускания предварительного корреляционного фильтра на уровне 3 дБ(МГц)	24		30,69		от 4 (базовая) до 24 (научное использование)	32
Шумовая температура приемной системы (К)	75					
Пороговый уровень мощности (в режиме отслеживания) суммарной узкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБВт)	-142,0					
Пороговый уровень мощности (в режиме захвата) суммарной узкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБВт)	-135,0					
Пороговый уровень плотности мощности (в режиме отслеживания) суммарной широкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБВт/МГц)	-142,0					
Пороговый уровень плотности мощности (в режиме захвата) суммарной широкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБВт/МГц)	-135,0					
Уровень сжатия сигнала на входе приемника (дБВт)	-50					
Уровень сохранения работоспособности приемника (дБВт)	-10					
Время восстановления после перегрузки (с)	10-6					

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Считается, что непрерывный узкополосный мешающий сигнал имеет ширину полосы менее 700 Гц. Считается, что непрерывный широкополосный мешающий сигнал имеет ширину полосы более 1 МГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В параметрах РНСС для системы Галилео, BPSK-R( $n$ ) обозначает двухпозиционную фазовую манипуляцию с использованием прямоугольных импульсов со скоростью передачи элементов  $n \times 1,023$  (Мэлемент/с). ВОС ( $m, n$ ) обозначает модуляцию бинарной смещенной несущей со сдвигом несущей на  $m \times 1,023$  (МГц) и со скоростью передачи элементов  $n \times 1,023$  (Мэлемент/с). МВОС обозначает модуляцию уплотненной бинарной смещенной несущей, при этом спектральная плотность мощности  $G_{МВОС}$  сигнала МВОС на данной частоте  $f$  равна:  $G_{МВОС}(f) = 10/11 G_{ВОС(1,1)}(f) + 1/11 G_{ВОС(6,1)}(f)$ .