|  |
| --- |
| **Рекомендация МСЭ-R M.1902-2**  **(01/2022)** |
| **Характеристики и критерии защиты приемных земных станций радионавигационной спутниковой службы (космос-Земля), работающих в полосе частот 1215–1300 МГц** |
| **Серия M**  **Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская 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-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в 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, 2022 г.

© ITU 2022

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 M.1902-2

Характеристики и критерии защиты приемных земных станций радионавигационной спутниковой службы (космос-Земля),   
работающих в полосе частот 1215–1300 МГц

(Вопросы МСЭ-R 217-2/4 и МСЭ-R 288/4)

(2012-2019-2022)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены характеристики и критерии защиты приемных земных станций ‎радионавигационной спутниковой службы (РНСС), работающих ‎в полосе 1215–1300 МГц. Данная информация предназначена для проведения анализа воздействия радиочастотных помех от источников радиосигналов, не относящихся к РНСС, на приемники РНСС (космос-Земля), работающие в полосе 1215–1300 МГц. Следует отметить, что данная Рекомендация планируется к использованию в гражданских целях.

Ключевые слова

РНСС, критерии защиты, воздействие радиочастотных помех

Сокращения/глоссарий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| AWGN | Additive white Gaussian noise | Аддитивный белый гауссов шум |
| PDC | Pulse duty cycle | Коэффициент заполнения импульса |
| PNT | Position, navigation and timing | Определение местоположения, навигация и синхронизация |
| PRF | Pulse repetition frequency | Частота повторения импульсов |
| RHCP | Right-hand circular polarization | Правосторонняя круговая поляризация |
| SQPN | Staggered quadrature pseudo-random noise | Чередующаяся квадратурная модуляция по псевдослучайному шуму |
| SQPSK | Staggered quadrature phase-shift keying | Чередующаяся квадратурная фазовая манипуляция |
| SSC | Spectral separation coefficient | Коэффициент спектрального разделения |

Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ

Рекомендация МСЭ-R M.1318-1 Модель оценки непрерывных помех со стороны радиоисточников, кроме источников в радионавигационной спутниковой службе, системам и сетям радионавигационной спутниковой службы, работающим в полосах 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц, 1559−1610 МГц и 5010–5030 МГц

Recommendation [ITU-R M.1787-4](https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1787-3-201803-I/en) Описание систем и сетей радионавигационной спутниковой службы (космос-Земля и космос-космос) и технические характеристики передающих космических станций, работающих в полосах частот 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц

Recommendation [ITU-R M.1901-](https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1901-2-201909-I/en)3 Руководство по Рекомендациям МСЭ-R, касающимся систем и сетей радионавигационной спутниковой службы, работающих в полосах частот 1164–1215 МГц, 1215−1300 МГц, 1559−1610 МГц, 5000–5010 МГц и 5010−5030 МГц

Рекомендация МСЭ-R M.1903-1 Характеристики и критерии защиты приемных земных станций радионавигационной спутниковой службы (космос‑Земля) и приемников воздушной радио-навигационной службы, работающих в полосе 1559−1610 МГц

Рекомендация МСЭ-R M.1904-1 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

Рекомендация МСЭ-R M.1905-1 Характеристики и критерии защиты для приемных земных станций в радионавигационной спутниковой службе (космос‑Земля), работающих в полосе частот 1164−1215 МГц

Рекомендация МСЭ-R M.1906-1 Характеристики и критерии защиты приемных космических станций и характеристики передающих земных станций в радионавигационной спутниковой службе (Земля-космос), работающих в полосе частот 5000–5010 МГц

Рекомендация МСЭ-R M.2030-0 Модель оценки импульсных помех от соответствующих источников радиосигналов, кроме источников в радионавигационной спутниковой службе, системам и сетям радионавигационной спутниковой службы, работающим в полосах частот 1164–1215 МГц, 1215−1300 МГц и 1559−1610 МГц

Рекомендация МСЭ-R M.2031-1 Характеристики и критерии защиты приемных земных станций и характеристики передающих космических станций в радионавигационной спутниковой службе (космос-Земля), работающих в полосе 5010–5030 МГц

Report [ITU-R M.2220](https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2220)-1 Calculation method to determine aggregate interference parameters of pulsed RF systems operating in and near the frequency bands 1 164‑1 215 MHz and 1 215‑1 300 MHz that may impact radionavigation-satellite service airborne and ground-based receivers operating in those bands

Report [ITU-R M.2458](https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2458)-0 Radionavigation-satellite service applications in the 1 164‑1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz, and 1 559-1 610 MHz frequency bands

Report ITU-R [M.2496](https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2496) Use of RNSS receiver characteristics in assessment of interference from pulsed sources in the 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz and 1 559‑1 610 MHz frequency bands

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

*a)* что системы и сети радионавигационной спутниковой службы (РНСС) предоставляют по всему миру точную информацию для множества применений, связанных с определением местоположения, навигацией и синхронизацией, включая аспекты безопасности для некоторых полос частот в определенных обстоятельствах, и для определенных применений;

*b)* что любая надлежащим образом оснащенная земная станция может получать навигационную информацию от систем и сетей РНСС на всемирной основе;

*c)* что в Рекомендации МСЭ-R М.1787 приведены технические описания систем и сетей РНСС и технические характеристики передающих космических станций, работающих в полосах 1164−1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц;

*d)* что в Рекомендации МСЭ-R М.1904 приведены технические характеристики и критерии защиты приемных космических станций, работающих в РНСС (космос-космос) в полосах частот 1164−1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц;

*e)* что в Рекомендации МСЭ-R M.1463 содержатся системные характеристики для систем радиоопределения в полосе 1215–1400 МГц;

*f)* что в Рекомендации МСЭ-R М.1901 содержится руководство по этой и другим Рекомендациям МСЭ-R, относящимся к системам и сетям РНСС, работающим в полосах частот 1164–1215 МГц, 1215−1300 МГц, 1559–1610 МГц, 5000–5010 МГц и 5010–5030 МГц;

*g)* что в Отчете МСЭ-R M.2220 содержится метод расчета для определения параметров совокупных помех импульсных РЧ-систем, работающих в полосах и вблизи полос частот 1164−1215 МГц и 1215–1300 МГц, которые могут оказывать воздействие на бортовые приемники и приемники наземного базирования радионавигационной спутниковой службы, работающие в этих полосах частот;

*h)* что в Отчете МСЭ-R M.2458 описаны применения радионавигационной спутниковой службы в полосах частот 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц;

*i)* что в Отчете МСЭ-R М.2496 содержится информация о входных характеристиках приемника РНСС, в том числе о надлежащем использовании этих параметров при оценке помех, а также приводится рассмотрение моделей импульсных помех для приемников РНСС,

признавая,

*a)* что полоса 1215–1300 МГц распределена во всех трех Районах спутниковой службе исследования Земли (ССИЗ) (активной), радиолокационной службе, РНСС (космос-Земля и космос‑космос) и службе космических исследований (активной) на первичной основе;

*b)* что в ряде стран полоса 1215–1300 МГц распределена также фиксированной и подвижной службам и/или радионавигационной службе (ограниченной в некоторых случаях воздушной радионавигацией, использующей часть этой полосы) на первичной основе;

*c)* что пункт **5.329** Регламента радиосвязи (РР) гласит: "Использование радионавигационной спутниковой службы в полосе частот 1215–1300 МГц возможно только при условии, что она не будет создавать вредных помех радионавигационной службе, работа которой разрешается в соответствии с пунктом **5.331**, и не будет требовать защиты от таких помех со стороны этой службы. Кроме того, использование радионавигационной спутниковой службы в полосе частот 1215–1300 МГц возможно лишь при условии, что она не будет создавать вредных помех радиолокационной службе. В отношении радиолокационной службы не применяются положения пункта **5.43**. Применяется Резолюция **608 (ВКР‑03)**";

*d)* что согласно пункту **5.332** РР в полосе 1215–1260 МГц ССИЗ (активная) не должна создавать вредных помех РНСС,

отмечая,

что в Рекомендации МСЭ-R RS.1749 содержатся характеристики различных РЛС с синтезированной апертурой на борту космических аппаратов в полосе 1215–1300 МГц, а в Рекомендации МСЭ‑R RS.1347 предлагается считать возможным совместное использование полосы 1215–1260 МГц станциями РЛС с синтезированной апертурой на борту космических аппаратов и РНСС, на основании доказательств, включая наземные испытания совместимости,

рекомендует,

что при проведении анализа воздействия помех на приемники РНСС (космос-Земля), работающие в полосе 1215–1300 МГц, от источников радиосигналов, не относящихся к РНСС, следует использовать характеристики и критерии защиты приемных земных станций, приведенные в Приложении 1.

Приложение 1  
  
Технические характеристики и критерии защиты приемных земных станций РНСС (космос-Земля), работающих в полосе частот 1215–1300 МГц

# 1 Введение

Обычно несколько классов приемников, отличающихся функциями и эксплуатационными характеристиками, используют сигналы спутников РНСС в полосе частот 1215–1300 МГц. Ниже приведено общее описание каждого типа приемника РНСС и описание характеристик и критериев защиты приемника. Ряд описанных приемников относятся к многодиапазонным приемникам, в которых одновременно используются или будут использоваться сигналы РНСС для этой или других полос РНСС.

# 2 Описания применений приемников РНСС

В данном разделе описаны несколько типов приемников РНСС, которые используются в настоящее время и будут использоваться в будущем.

## 2.1 Наземный эталонный приемник спутниковой системы дифференциальных поправок[[1]](#footnote-1)

Такой тип приемника наземного базирования используется в работе наземной сети спутниковой системы дифференциальных поправок (SBAS), для того чтобы определить задержки в ионосфере и проверить целостность сигнала РНСС. Приемник использует полубескодовый метод, в котором применяется уникальная функция, включаемая конкретной структурой сигнала РНСС, в результате чего сигналы L1 и L2 P(Y) отслеживаются с помощью информации о динамической фазе несущей, получаемой из отслеживания кода L1 C/A[[2]](#footnote-2) и несущей, и информации о средней тактовой частоте при шифровании. Такой метод взаимной корреляции предоставляет возможность измерить задержку сигнала для L2, позволяя таким образом определить изменения задержек сигнала в ионосфере. Эта схема взаимной корреляции возможна частично из-за того, что сигналы L1 и L2 P(Y) имеют идентичные коды. Такой приемник должен также захватить и отследить сигналы спутников SBAS на той же частоте, что и несущая L1 C/A. Полубескодовые приемники более чувствительны к помехам, поскольку они работают без информации о коде Y[[3]](#footnote-3). Захват производится с использованием кодового сигнала L1 C/A. Захват для L2 не применяется для этого типа приемника. Характеристики и критерии защиты для такого приемника приведены в столбце 1 таблицы 1. Поскольку приемник использует сигналы L1 C/A и P(Y) одновременно с L2 P(Y), то он также чувствителен к помехам в полосе 1559−1610 МГц. Критерии защиты и другие характеристики для эталонного наземного приемника SBAS в этой полосе частот приведены в Рекомендации МСЭ‑R M.1903.

Эталонные наземные приемники SBAS выполняют важные функции, такие как мониторинг целостности систем РНСС на наземных станциях SBAS в известных фиксированных местоположениях. Следовательно, для таких приемников существует подходящая защита для обеспечения постоянного бесперебойного доступа к сигналам РНСС, например, помимо прочего, физические буферные зоны.

## 2.2 Полубескодовые приемники РНСС

### 2.2.1 Полубескодовые приемники РНСС высокой точности

Полубескодовые приемники РНСС высокой точности в первую очередь используются для топографической съемки и других применений по точному определению местоположения (например, в точной агротехнике или в научных целях), где требуются измерения задержек в ионосфере. Такие полубескодовые приемники действуют подобно рассмотренному выше эталонному наземному приемнику SBAS и используют метод, при котором сигналы L1 и L2 P(Y) отслеживаются с помощью информации о динамической фазе несущей, полученной по результатам отслеживания кода L1 C/A. Для этого существуют два основных метода: 1) сигналы L1 и L2 P(Y) взаимно коррелируются; или 2) сигналы фактически отслеживаются в независимом режиме. Приемники высокой точности для обеспечения своей надлежащей работы захватывают и отслеживают сигналы РНСС в двух или трех полосах частот и требуют защиты во всех используемых полосах.

Существуют также разновидности или комбинации этих двух методов. В любом случае целью является обеспечение оценки задержки в ионосфере или независимая совокупность измерений фазы несущей, которые позволяют быстро удалить неопределенности в длине волны, даже когда приемник находится в движении. Этот процесс дает улучшенную точность определения местоположения. Такая схема взаимной корреляции возможна из-за того, что сигналы L1 и L2 имеют идентичные, практически синхронизованные коды P(Y). Коды сигналов L2 P(Y) задерживаются в ионосфере относительно кодов сигналов L1 P(Y), а также сопровождаются опережением фазы несущей. Сигнал L1 P(Y) имеет идентичный код и доплеровский сдвиг несущей, как и сигнал L1 C/A, что позволяет задействовать полубескодовое отслеживание с использованием системы слежения в очень узкой полосе пропускания. Такой приемник будет иметь характеристики, аналогичные характеристикам описанного выше эталонного наземного приемника SBAS, но может отличаться своей чувствительностью к помехам. Характеристики такого типа приемника приведены в таблице 1, столбец 2. Поскольку данный приемник использует также сигналы в полосе 1559–1610 МГц, он также чувствителен к помехам в этой полосе. Критерии защиты и другие характеристики в полосе 1559–1610 МГц для приемника высокой точности типа CDMA приведены в Рекомендации МСЭ‑R M.1903.

### 2.2.2 Переходные модели полубескодовых приемников высокой точности с возможностью приема сигналов L2C

Такой приемник имеет все характеристики полубескодового приемника высокой точности согласно пункту 2.2.1, а также захватывает и отслеживает новый сигнал L2C[[4]](#footnote-4) на несущей L2, получаемый от доступных спутников последнего поколения. Такой приемник будет использовать описанный выше полубескодовый метод для захвата и отслеживания сигналов L2 P(Y) от других, более ранних, спутников, но может использовать этот метод по отношению к сигналам L2 P(Y), полученным со спутников последнего поколения, по крайней мере в целях предоставления калибровочной информации для смешанных операций с сигналами L2C/L2 P(Y). Такие смешанные операции требуют того, чтобы была известна разность фаз между сигналами L2C и L2 P(Y). Сигналы L2C дают больший уровень устойчивости к помехам, чем при работе полубескодовым методом с сигналом L2 P(Y), что весьма существенно при более сильных мешающих воздействиях. Однако поскольку приемники с такими возможностями используются в применениях систем, также используемых в устаревших полубескодовых приемниках сигналов L2 P(Y), то в целом такая повышенная устойчивость не всегда доступна. Таким образом, по-прежнему применяются пороговые уровни мощности помех, указанные в столбце 2 таблицы 1.

## 2.3 Приемники высокой точности

Категория приемников высокой точности представлена приемниками РНСС, которые в рамках сферы применения настоящей Рекомендации используются в применениях, требующих высокой точности определения местоположения (топографическая съемка, научные и сельскохозяйственные применения). Приемники высокой точности используют различные методы (например, полубескодовые методы) для получения и отслеживания сигналов РНСС в двух или трех полосах частот РНСС для разрешения многозначности фазы несущей. Для таких приемников требуется защита во всех используемых полосах. Характеристики и уровни защиты для приемников высокой точности также применяются в приемниках РНСС, которые предназначены для работы в специальных применениях РНСС (например, одночастотные наземные сети и точная навигация).

Приемники РНСС высокой точности и приемники, предназначенные для работы в специальных применениях РНСС, также могут работать в сложных условиях окружающей среды (например, под листвой деревьев). В таблице 1, столбец 3 и столбец 3а, приведены два типа приемников, каждый из которых использует разные типы сигналов спутника PHCC (либо сигнал L2C, либо сигналы В3 и В3А).

Приемник первого типа представляет собой приемник наземного базирования, который захватывает и отслеживает сигнал L2C, но не обязательно сигнал L2 P(Y). Функция такого приемника такая же, как и функция описанного выше полубескодового приемника высокой точности, но с более высокой устойчивостью, обеспечиваемой при захвате и отслеживании сигнала L2C.

Приемники этого типа захватывают и отслеживают новый код L2C, полученный от определенных спутников последнего поколения. Такой приемник также может использовать описанный выше полубескодовый метод для захвата и отслеживания сигналов L2 P(Y) от этих и других спутников, по крайней мере для обеспечения калибровочной информации для смешанных операций с сигналами L2C/L2 P(Y). Эти смешанные операции требуют того, чтобы была известна разность фаз между сигналами L2C и L2 P(Y). Характеристики приемников такого типа, которые захватывают и отслеживают сигнал L2C, приведены в столбце 3 таблицы 1. Сигналы L2C дают больший уровень устойчивости, чем при работе полубескодовым методом с сигналом L2 P(Y), что весьма существенно при более сильных мешающих воздействиях. Однако поскольку приемники с такими возможностями используются в применениях систем, также используемых в устаревших полубескодовых приемниках сигналов L2 P(Y), то в целом такая повышенная устойчивость не всегда доступна. Таким образом, по‑прежнему применяются пороговые уровни мощности помех, указанные в столбце 2 таблицы 1.

Приемник второго типа – это наземный приемник, который принимает и отслеживает сигналы B3 и B3A[[5]](#footnote-5). Характеристики и критерии защиты для приемника данного типа указаны в таблице 1, столбец 3а.

## 2.4 Приемники высокой точности с аутентификацией, использующие сигналы E6-BC и L6

Приемники этого типа представляют собой наземные приемники, отслеживающие сигнал E6-BC. Они предназначены для отслеживания одного или обоих компонентов широкополосного сигнала E6-B (данные) и сигнала E6-C (пилот-сигнал). В случае сигнала E6-B приемник также демодулирует данные, передаваемые в этом компоненте сигнала, который содержит, среди прочего, поправки точного определения местоположения (PPP). При обработке сигнала E6-C приемник выполняет расширенную аутентификацию, включая расшифровку кода расширения.

Характеристики такого типа приемника, который обрабатывает сигнал E6-BC, приведены в таблице 1, столбец 3b. Данный приемник использует также сигналы в полосе 1559–1610 МГц (по крайней мере E1-BC для приема сигнала), поэтому он чувствителен к помехам и в этой полосе[[6]](#footnote-6). Критерии защиты и другие характеристики в полосе 1559–1610 МГц для приемника высокой точности типа CDMA приведены в Рекомендации МСЭ‑R M.1903.

Характеристики, приведенные в столбце 3b, также охватывают типы наземных приемников для приема сигнала L6 (подробная информация приведена в Приложении 4 (QZSS) к Рекомендации МСЭ-R M.1787).

## 2.5 Приемник воздушной навигации

Приемник воздушной навигации – это приемник на борту воздушного судна, предназначенный для использования на всех этапах полета. Приемник такого типа может использовать сигналы CDMA и/или FDMA РНСС[[7]](#footnote-7) и может работать на нескольких несущих частотах одновременно. Характеристики этого типа приемников приведены в столбце 4 таблицы 1.

Характеристики приемников воздушной навигации могут также применяться для приемников, разработанных для сухопутных и морских применений, которые не рассматриваются в настоящем Приложении.

## 2.6 Определение местоположения с помощью приемников, находящихся внутри помещения

Категория приемников, определяющих местоположение внутри помещения, предназначена для использования внутри помещений и имеет обычно низкую величину отношения *C*/*N*0 (то есть очень чувствительные приемники). Поскольку отслеживание несущей не может использоваться для сигналов низкой мощности в закрытых помещениях, для этого типа приемников используется только кодовое отслеживание. В столбце 5 таблицы 1 представлены четыре типа приемников, каждый из которых использует отдельный тип спутникового сигнала РНСС (либо CDMA для сигнала L2C или для сигналов В3 и В3А, либо CDMA и/или FDMA для сигналов ГЛОНАСС).

## 2.7 Приемники общего назначения

В категории приемников общего назначения представлено несколько типов приемников РНСС. Эти приемники предназначены для автомобильной навигации, навигации пешеходов, общего определения местоположения и т. д. В столбце 6 таблицы 1 представлено четыре типа приемников, каждый из которых использует отдельный тип спутникового сигнала РНСС (либо CDMA для сигнала L2C или для сигналов В3 и В3А, либо CDMA и/или FDMA для сигналов ГЛОНАСС).

# 3 Воздействие импульсных[[8]](#footnote-8) радиочастотных помех

Кроме непрерывных помех от множества источников, включая космические станции РНСС, приемники РНСС, работающие в полосе 1215–1300 МГц, подвергаются воздействию импульсных радиочастотных помех (РЧ-помех) внутри полосы частот и со стороны соседней полосы от РЛС и передатчиков ВРНС. Присутствие таких импульсных РЧ-помех уменьшает количество непрерывных РЧ‑помех, допустимых для приемника РНСС. Количество импульсных РЧ-помех зависит от количества импульсных источников в пределах радиогоризонта приемной антенны РНСС.

Для того чтобы учесть импульсные РЧ-помехи в полосе 1215–1300 МГц, требуется другой метод анализа РЧ-помех, чем, например, в полосе 1559–1610 МГц, где такие РЧ-помехи незначительны. Две организации по разработке авиационных стандартов[[9]](#footnote-9) провели исследования для определения метода анализа, который рассматривает совместное воздействие импульсных и непрерывных РЧ‑помех[[10]](#footnote-10). Две используемые разновидности основного метода зависят от метода ослабления влияния помех от импульсных источников на приемник РНСС: одна – для приемников с технологией импульсного гашения (которая разработана для работы в условиях РЧ-помех с высоким коэффициентом заполнения импульса), а другая – для насыщающихся приемников более общего назначения (подходит для работы в условиях РЧ-помех с низким коэффициентом заполнения импульса). Например, в эталонном наземном приемнике SBAS (см. пункт 2.1) используется технология импульсного гашения для улучшения эксплуатационных характеристик при наличии импульсных РЧ‑помех.

# 4 Технические характеристики и критерии защиты приемников РНСС

В таблице 1 приведены технические характеристики и критерии защиты (пороговые значения максимальной суммарной помехи) для нескольких репрезентативных приемников и применений РНСС в полосе 1215–1300 МГц. В Рекомендации МСЭ-R M.1787 представлена более обширная информация о сигналах РНСС.

В таблице 1 приводятся разные уровни защиты в зависимости от применений РНСС. В таблицу включены следующие приемники и применения РНСС:

– эталонный наземный приемник SBAS (см. пункт 2.1 и столбец 1 таблицы 1);

– полубескодовый приемник высокой точности (см. пункт 2.2.1 и столбец 2 таблицы 1) (следует отметить, что столбец 2 также относится к переходному полубескодовому приемнику высокой точности для приема сигналов L2C, см. пункт 2.2.2);

– приемники высокой точности (двух типов, см. пункт 2.3 и столбцы 3 и 3а таблицы 1);

– приемники высокой точности с аутентификацией, использующие сигналы E6-BC/L6 (см. пункт 2.4 и столбец 3b таблицы 1);

– приемник воздушной навигации (два типа) (см. пункт 2.5 и столбец 4 таблицы 1);

– приемник для определения местоположения при использовании внутри помещения (четыре типа) (см. пункт 2.6 и столбец 5 таблицы 1);

– приемники общего назначения (четыре типа) (см. пункт 2.7 и столбец 6 таблицы 1).

ТАБЛИЦА 1

Технические характеристики и критерии защиты для приемников РНСС (космос-Земля), работающих в полосе 1215–1300 МГц

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 3a | 3b | | 4 | | | 5 | | | | 6 | | | |
| Параметр | Эталонный наземный приемник SBAS\* | Полубес­кодовый приемник высокой точности\* | Приемник высокой точности, исполь-зующий L2C\* | Приемник высокой точности, исполь-зующий  B3 и B3A | Приемник высокой точности с аутенти­фикацией, использующий  E6-BC/L6 | | Приемник воздушной навигации (Примечание 10) | | | Приемник определения местоположения внутри помещения | | | | Приемники общего назначения | | | |
| Диапазон изменения частоты сигнала (МГц) | 1 227,6 ± 15,345 | 1 227,6 ± 15,345 | 1 227,6 ± 15,345 | 1 268,52 ± 12 | 1 278,75 ± 21 | | 1 246 +  + 0,4375\**K* ± ± 5,11, где *K* = –7, …, +6 (Примечание 8) | | 1 248,06 ± 7,7 | 1 227,6 ± 12 | 1 246 +  + 0,4375\**K* ± ± 5,11, где *K* = –7, …, +6 | 1 248,06 ± 7,7 | 1 268,52 ± 12 | 1 227,6 ± 12 | 1 246 + 0,4375\**K* ± 5,11, где *K*= –7,..,+6 | 1 248,06 ± 7,7 | 1 268,52 ± 12 |
| Максимальное усиление антенны приемника в верхней полусфере (дБи) | –2,0 (круговое) (Приме- чание 3) | 3,0 (круговое) | 3,0 (круговое) | 3,0 (круговое) | 3 (круговое) | | 7 (круговое) (Примечание 11) | | | 6 | | | 3 | 6 | | | 3 |
| Максимальное усиление антенны приемника в нижней полусфере (дБи) | –5,0 (круговое) (Приме- чание 3) | –7 (линейное) (угол места < 10°) | –7  (линейное) (угол места < 10°) | –7  (линейное)  (угол места <10°) | –6 (круговое) (Примечание 15) | | –10 (круговое) | | | 6  (Примечание 12) | | | –9 | 6  (Примечание 12) | | | –10 |
| Полоса пропускания РЧ‑фильтра на уровне 3 дБ (МГц) | 24,0 | 24,0 | 24,0 | 24,0 | 40,92 (Приме-чание 18) | 42,0 (Приме-чание 18) | 30 | | | 32 | 30 | | 24 | 32 | 30 | | 24 |
| Полоса пропускания предварительного корреляционного фильтра на уровне 3 дБ (МГц) | 20,46 | 20,46 | 20,46 | 20,46 | 40,92 (Приме-чание 18) | 42,0 (Приме-чание 18) | 20 | 25 | | 2 | 20 | 25 | 20,46 | 2 | 20 | 25 | 20,46 |
| Шумовая температура приемной системы (К) | 513 | 513 | 513 | 513 | 722 (Приме-чание 18) | 645 (Приме-чание 18) | 400 | | | 645 | | | 330 | 645 | | | 330 |

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 3a | 3b | 4 | 5 | | 6 | |
| Параметр | Эталонный наземный приемник SBAS\* | Полубес­кодовый приемник высокой точности\* | Приемник высокой точности, исполь-зующий L2C\* | Приемник высокой точности, исполь-зующий  B3 и B3A | Приемник высокой точности с аутенти­фикацией, использующий  E6-BC/L6 | Приемник воздушной навигации (Примечание 10) | Приемник определения местоположения внутри помещения | | Приемники общего назначения | |
| ***Пороговые уровни для непрерывных помех*** | | | | | | | | | | |
| Пороговый уровень мощности (в режиме отслеживания) суммарной узкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБВт) | –137,5 (P(Y)) (Приме- чание 1) | –137,4 (P(Y)) (Приме-чание 1) | –151,4  (Приме-чание 1) | –157,4 (Приме-чание 2) | –134,5 (Примечание 16) | –149 (Примечание 1) (Примечание 9) | –193  (Примечание 1) | –193 (Приме-чание 2) | –158  (Примечание 1) | –150 (Приме-чание 2) |
| Пороговый уровень мощности (в режиме захвата) суммарной узкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБВт) | См. Приме- чание 4 | См. Приме-чание 5 | –157,4  (Приме-чание 1) | –157,4 (Приме-чание 2) | См. Примечание 17 | –155 (Примечание 1) (Примечание 9) | –199  (Примечание 1) | –199 (Приме-чание 2) | –164 (Примечание 1) | –156 (Приме-чание 2) |
| Пороговый уровень плотности мощности (в режиме отслеживания) суммарной широкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБ(Вт/МГц)) | –147,5 (P(Y)) (Приме- чание 1) | –147,4 (P(Y)) (Приме-чание 1) | –147,4  (Приме-чание 1) | –147,4 (Приме-чание 2) | –140 (Примечание 16) | –140 (Примечание 1) (Примечание 9) | –150  (Примечание 1) | –145 (Приме-чание 2) | –139 (Примечание 1) | –140 (Приме-чание 2) |
| Пороговый уровень плотности мощности (в режиме захвата) суммарной широкополосной помехи на выходе пассивной антенны (дБ(Вт/МГц)) | См. Приме- чание 4 | См. Приме-чание 5 | –147,4  (Приме-чание 1) | –147,4 (Приме-чание 2) | См. Примечание 17 | –146 (Примечание 1) (Примечание 9) | –156  (Примечание 1) | –151 (Приме-чание 2) | –145  (Примечание 1) | –146 (Приме-чание 2) |
| ***Пороговые уровни для импульсных помех (см. Примечание 14)*** | | | | | | | | | | |
| Уровень насыщения сигнала на входе приемника (дБВт) (Примечание 14) | –135,0 (Приме- чание 6) (Приме- чание 13) | –120 (Приме-чание 6) | –120 (Приме-чание 6) | –120 (Приме-чание 6) | –120  (Примечание 6) | –80 | –70 | –100 | –70 | –100 |

ТАБЛИЦА 1 (*окончание*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 3a | 3b | 4 | 5 | | 6 | |
| Параметр | Эталонный наземный приемник SBAS\* | Полубес­кодовый приемник высокой точности\* | Приемник высокой точности, исполь-зующий L2C\* | Приемник высокой точности, исполь-зующий  B3 и B3A | Приемник высокой точности с аутенти­фикацией, использующий  E6-BC/L6 | Приемник воздушной навигации (Примечание 10) | Приемник определения местоположения внутри помещения | | Приемники общего назначения | |
| Уровень сохранения работоспособности приемника (дБВт) (Примечание 14) | –10,0  (Приме- чание 7) | –20 | –20 | –20 | –20 | –1 | –20 | –17 | –20 | –17 |
| Время восстановления после перегрузки (с) (Примечание 14) | 1,0 × 10–6 | 1,0 × 10–6 | 1,0 × 10–6 | 1,0 × 10–6 | 1,0 × 10–6 | (1–30) × 10–6 | 30 × 10–6 | | 30 × 10–6 | |

*Примечания к таблице 1*

\* В этих столбцах таблицы содержатся характеристики и пороговые значения для приемников РНСС, работающих в полосе 1215–1300 МГц. (Приемники такого типа работают с сигналами, описанными в Приложении 2 к Рекомендации МСЭ-R М.1787.) В отношении характеристик и критериев защиты при работе приемников в полосах 1559–1610 МГц и/или 1164–1215 МГц см. также подходящие столбцы в таблицах Рекомендаций МСЭ‑R M.1903 и/или МСЭ‑R M.1905 соответственно.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – При обработке сигналов P(Y), включая использование полубескодового метода, считается, что узкополосные помехи имеют ширину полосы менее 100 кГц, а широкополосные помехи имеют ширину полосы более 1 МГц. При обработке сигнала L2C считается, что узкополосные помехи имеют ширину полосы менее 1 кГц, а широкополосные помехи – более 1 МГц. При обработке сигналов FDMA и CDMA (несущая частота 1248,06 МГц) считается, что узкополосные непрерывные помехи имеют ширину полосы менее 1 кГц, а широкополосные непрерывные помехи – более 500 кГц. Пороговые уровни для значений ширины полосы мешающих сигналов от 100 кГц (для P(Y)) или 1 кГц (для L2C и FDMA/CDMA) (несущая частота 1248,06 МГц) до 1 МГц (или до 500 кГц для FDMA) не определены и требуют дальнейшего изучения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Считается, что узкополосные непрерывные помехи имеют ширину полосы менее 700 Гц. Считается, что широкополосные помехи имеют ширину полосы более 1 МГц. Пороговые уровни для значений ширины полосы мешающих сигналов от 700 Гц до 1 МГц требуют дальнейшего изучения.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Перечисленные максимальные значения усиления для верхней полусферы применяются для угла места 30° (то есть угол прихода максимальных ожидаемых помех). Перечисленные максимальные значения усиления для нижней полусферы применяются для угла места 5°.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Захват сигнала осуществляется с использованием сигнала L1 C/A. См. соответствующую строку с пороговыми значениями в режиме захвата в Приложении 2 к Рекомендации МСЭ‑R M.1903, таблица 2-2, столбец "Эталонный наземный приемник SBAS".

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Захват сигнала осуществляется с использованием сигнала L1 C/A. См. соответствующую строку с пороговыми значениями в режиме захвата в Приложении 2 к Рекомендации МСЭ‑R M.1903, таблица 2-2, столбец "Приемник высокой точности".

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Уровни насыщения сигнала на входе приемника применяются для соответствующей ширины полосы РЧ-фильтра на уровне 3 дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 7. – Уровень сохранения работоспособности – это пиковый уровень мощности для импульсного сигнала с максимальным коэффициентом загрузки 10%.

ПРИМЕЧАНИЕ 8. – Такой тип приемника работает одновременно на нескольких несущих частотах сигналов РНСС. Несущие частоты определяются по формуле *fc* (МГц) = 1246,0 + 0,4375 *K*, где *K* = от –7 до +6.

ПРИМЕЧАНИЕ 9. – Этот пороговый уровень должен учитываться для суммарной мощности всех мешающих сигналов. Это пороговое значение не включает никакого запаса безопасности.

ПРИМЕЧАНИЕ 10. – Данные значения представляют типичные характеристики приемников. При определенных условиях используются более жесткие значения для некоторых параметров (например, время восстановления после перегрузки, пороговые значения суммарной помехи и т. д.).

ПРИМЕЧАНИЕ 11. – Минимальное усиление приемной антенны при угле места 5° составляет –5,5 дБи.

*Примечания к таблице 1 (окончание)*

ПРИМЕЧАНИЕ 12. – Поскольку антенна в некоторых применениях приемников РНСС может быть потенциально ориентирована почти в любом направлении, то максимальное усиление антенны в нижней полусфере может (при наихудших условиях) быть равным значению для верхней полусферы.

ПРИМЕЧАНИЕ 13. – Уровень насыщения сигнала на входе приемника при мощности в полосе шириной 1 МГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 14. – Значения, приведенные в этих строках, следует использовать для оценки помех от импульсных источников с использованием методики Рекомендации МСЭ-R M.2030.

ПРИМЕЧАНИЕ 15. – Максимальные значения усиления в нижней полусфере применимы для угла места 5°.

ПРИМЕЧАНИЕ 16. – Считается, что узкополосные непрерывные помехи имеют ширину полосы менее 128 кГц. Считается, что широкополосные помехи имеют ширину полосы более 1 МГц. Пороговые уровни для мешающих сигналов с шириной полосы от 128 кГц до 1 МГц требуют дальнейшего изучения.

ПРИМЕЧАНИЕ 17. – Захват сигнала E6-BC осуществляется с использованием сигнала E1-BC. См. соответствующую строку с пороговыми значениями в режиме захвата в Приложении 2 к Рекомендации МСЭ‑R M.1903, таблица 2-2, столбец "Приемник высокой точности". Что касается сигнала L6, то одни приемники выполняют захват сигнала, используя сигналы в диапазоне L1, а другие в режиме захвата могут иметь пороговый уровень на 6 дБ ниже, чем в режиме отслеживания.

ПРИМЕЧАНИЕ 18. – Полоса частот 40,92 МГц предназначена для приемника E6-BC, а 42,0 МГц – для приемника L6. Шумовая температура приемника E6-BC составляет 722 К, а приемника L6 – 645 К.

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

1. SBAS – это система для обеспечения коррекции ошибок региональных измерений (РНСС) и целостности данных с помощью сигналов спутников ГСО. [↑](#footnote-ref-1)
2. Сигналы L1 C/A и L1 P(Y) передаются в полосе частот РНСС 1559–1610 МГц, в то время как сигналы L2 P(Y) – в полосе РНСС 1215–1300 МГц. Дополнительные данные об этих сигналах приведены в Приложении 2 (GPS) Рекомендации МСЭ-R M.1787. [↑](#footnote-ref-2)
3. Код Y – это измененный и зашифрованный код P, имеющий те же характеристики модуляции и скорости передачи элементов, что и код P. [↑](#footnote-ref-3)
4. Дополнительные данные о сигнале L2C приведены в Приложении 2 (GPS) Рекомендации МСЭ‑R M.1787. [↑](#footnote-ref-4)
5. Дополнительные данные о сигналах B3 и В3А приведены в Приложении 7 (COMPASS) Рекомендации МСЭ‑R M.1787. [↑](#footnote-ref-5)
6. Сигнал E1-BC находится в полосе частот РНСС 1559–1610 МГц, а сигнал E6-BC – в полосе частот РНСС 1215−1300 МГц. Дополнительная информация об этих сигналах приведена в Приложении 3 (Galileo) к Рекомендации МСЭ R M.1787. [↑](#footnote-ref-6)
7. Термин FDMA означает метод модуляции с многостанционным доступом с частотным разделением, когда все спутники РНСС используют один и тот же код модуляции, но каждый спутник передает сигнал на разной несущей частоте. Термин CDMA означает метод модуляции с кодовым разделением, когда все спутники РНСС передают сигналы на одной несущей частоте, но с разными кодами модуляции. Дополнительные данные об этих сигналах приведены в Приложении 1 (ГЛОНАСС) и в Приложении 2 (GPS) к Рекомендации МСЭ-R M.1787. [↑](#footnote-ref-7)
8. Термин "непрерывные помехи" используется здесь для обозначения помех от источников, характеризующихся достаточно постоянной мощностью, которая в целом существует в любой момент времени. Такие помехи отличаются от импульсных помех, которые представляют собой периоды передачи пачек, чередующиеся с периодами отсутствия передачи. Совместимость последних с РНСС зависит от мощности и длительности пачек, а также рабочего цикла передачи. [↑](#footnote-ref-8)
9. RTCA (Радиотехническая комиссия по аэронавтике), чья штаб-квартира находится в Соединенных Штатах Америки, и EUROCAE (Европейская организация по оборудованию для гражданской авиации) в Европе. [↑](#footnote-ref-9)
10. RTCA SC-159, "Assessment of the radio frequency interference relevant to the GNSS L5/E5A frequency band", RTCA Document No. RTCA/DO-292, Washington, DC, 29 July 2004. [↑](#footnote-ref-10)