|  |
| --- |
| **Рекомендация МСЭ-R M.2114-0**  **(01/2018)** |
| **Технические и эксплуатационные характеристики и критерии защиты для систем воздушной подвижной службы в полосах частот  22,5–23,6 ГГц и 25,25−27,5 ГГц** |
| **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 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-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, 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 M.2114-0

Технические и эксплуатационные характеристики и критерии защиты для систем воздушной подвижной службы в полосах частот   
22,5–23,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц

(2018)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлена информация о технических характеристиках и критериях защиты для систем, работающих в воздушной подвижной службе (ВПС) в полосах частот 22,5−23,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц.

Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ

Рекомендации МСЭ-R M.1851, МСЭ-R P.2108, МСЭ-R P.676

Ключевые слова

Системы воздушной подвижной службы, ВПС, технические характеристики, критерии защиты

Сокращения/глоссарий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ADL | AMS data link |  | Линия передачи данных ВПС |
| ADT | Airborne data terminal |  | Бортовой терминал передачи данных |
| AMS | Aeronautical mobile service | ВПС | Воздушная подвижная служба |
| GDT | Ground data terminal |  | Наземный терминал передачи данных |
| RHCP | Right hand circularly polarised |  | С правосторонней круговой поляризацией |
| RLOS | Radio-line-of-sight |  | Линия прямой радиовидимости |

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

что системы и сети, работающие в воздушной подвижной службе (ВПС), используются для широкополосных и узкополосных бортовых линий передачи данных в целях поддержки применений, относящихся к научным исследованиям, дистанционному зондированию, тушению лесных пожаров, топографической съемке и обследованиям сельскохозяйственных культур, мониторингу трубопроводов, а также других применений для управления в чрезвычайных ситуациях,

признавая,

*a)* что полосы частот 22,5–23,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц распределены на всемирной первичной основе подвижной службе;

*b)* что воздушная подвижная служба (ВПС) является разновидностью подвижной службы;

*с)* что воздушная подвижная служба – это подвижная служба между стационарными станциями воздушной подвижной службы и станциями воздушных судов или между станциями воздушных судов;

*d)* что использование систем, работающих в воздушной подвижной службе, не исключает использования этих полос частот любым существующим и планируемым применением служб, которым они распределены, и не устанавливает какого бы то ни было приоритета в Регламенте радиосвязи;

*e)* что некоторые или все части полосы частот 22,5–23,6 ГГц распределены также на первичной основе фиксированной службе, межспутниковой службе и службе космических исследований;

*f)* что некоторые или все части полосы частот 25,25–27,5 ГГц распределены также на первичной основе спутниковой службе исследования Земли, фиксированной службе, фиксированной спутниковой службе, межспутниковой службе и службе космических исследований;

*g)* что в настоящее время МСЭ рассматривает и изучает новые системы подвижной службы, а также фиксированной службы в этих полосах частот;

*h)* что работа систем воздушной подвижной службы усложняет совместное использование частот на больших территориях и может потребовать двусторонних соглашений между администрацией, эксплуатирующей ВПС, и затронутыми администрациями,

рекомендует,

**1** рассматривать технические и эксплуатационные характеристики систем, работающих в ВПС, которые описаны в Приложении, в качестве типовых характеристик систем, работающих в полосах частот 22,5–23,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц;

**2** использовать в качестве требуемого уровня защиты приемников ВПС критерий, который определяется отношением уровня мощности мешающего сигнала к уровню мощности шума приемника (*I/N*) и составляет −6 дБ. В случае если существует несколько потенциальных источников помех, для защиты систем ВПС требуется, чтобы суммарные помехи от нескольких источников не превышали этого критерия.

Приложение  
  
Технические и эксплуатационные характеристики и критерии защиты для систем воздушной подвижной службы, работающих   
в полосах частот 22,5–3,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц

# 1 Введение

Системы и сети, работающие в воздушной подвижной службе (ВПС), используются для широкополосных и узкополосных бортовых линий передачи данных в целях поддержки научных исследований, дистанционного зондирования, тушения лесных пожаров, топографической съемки и обследования сельскохозяйственных культур, контроля трубопроводов, а также других применений управления в чрезвычайных ситуациях.

Широкополосные линии передачи данных используются для передачи данных, собранных одним или несколькими установленными на воздушном судне приборами для научных исследований/ дистанционного зондирования, а узкополосные линии передачи данных – для управления этими установленными на воздушном судне приборами дистанционного зондирования.

# 2 Эксплуатационное развертывание

Полосы частот 22,5–23,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц распределены подвижной службе на первичной основе во всех трех Районах МСЭ-R. ВПС – это подвижная служба между стационарными станциями воздушной подвижной службы и станциями воздушных судов или между станциями воздушных судов. Платформы, оборудованные линиями передачи данных ВПС (ADL), могут быть развернуты в любом месте в пределах страны, администрация которой санкционировала их использование в соответствии с этим разрешением.

ADL могут существовать между бортовым терминалом передачи данных (ADT), который представляет собой станцию воздушного судна, и наземным терминалом передачи данных (GDT), который представляет собой стационарную станцию воздушной подвижной службы, либо между двумя ADT.

GDT может размещаться в одном постоянном месте или транспортироваться. Транспортируемые GDT могут перемещаться в соответствии с эксплуатационными потребностями. Продолжительность использования транспортируемого GDT в определенном месте зависит от эксплуатационных потребностей.

Протяженность линии связи для ADL, как правило, ограничивается протяженностью линии прямой радиовидимости (RLOS), которая зависит от рельефа местности в непосредственной близости от GDT и высоты расположения ADT. Рабочая высота бортовых платформ, оснащенных такими ADL, зависит от конкретных эксплуатационных потребностей и может достигать 20 км. При том что некоторые линии могут быть относительно короткими, протяженность многих линий приближается к величине RLOS. Для линии связи "воздух-земля" протяженность этой линии может составлять примерно 450 км.

Линия связи между двумя ADT функционирует аналогично линии связи между GDT и ADT, за исключением того, что протяженность этой линии зависит от рабочей высоты обоих ADT. В случае прямой линии связи "воздух-воздух" протяженность этой линии может достигать 900 км.

Сократить максимальную протяженность линии связи между двумя воздушными судами могут и другие факторы, которые необходимо учитывать, такие, например, как потери в атмосфере (ослабление в дожде, атмосферные газы и т. п.) и потери за счет отражения от препятствий, которые описаны в соответствующих Рекомендациях МСЭ-R серии P. В зависимости от условий окружающей среды и местоположения воздушного судна протяженность линии перекрестной связи может быть меньше 900 км.

Один GDT может поддерживать несколько ADT через разные линии связи. Если ADL функционируют в узкополосном режиме, поддержка нескольких линий передачи данных может быть обеспечена с помощью разделения частот. Если линии передачи данных функционируют в широкополосном режиме, поддержка нескольких линий передачи данных может быть обеспечена с помощью географического разделения путем использования нескольких остронаправленных антенн с большим усилением.

ADT может служить узлом более крупной сети или повторителем для увеличения дальности связи между ADT, собирающим данные, и GDT, принимающим данных. В этом случае между двумя ADT или между ADT и GDT могут быть организованы две или более ADL.

Продолжительность существования линии связи может равняться продолжительности всего полета, то есть взлет/посадка, полет в рабочий район и из него, а также время, используемое для сбора данных в рабочем районе. Таким образом, ADL может быть активной на протяжении многих часов.

# 3 Технические характеристики систем воздушной подвижной службы

В таблице 1 представлены типовые технические характеристики бортовых линий передачи данных в ВПС в полосах частот 22,5–23,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц представлены.

## 3.1 Характеристики передатчика

В системах воздушной подвижной службы, которые эксплуатируются или планируется к эксплуатации в полосах частот 22,5–23,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц, как правило, используется цифровая модуляция. Конкретный передатчик может излучать сигналы разной формы. В передатчиках обычно используются твердотельные выходные устройства для усиления мощности. В обозримом будущем сохранится тенденция к использованию в новых подвижных системах передатчиков на твердотельных элементах благодаря большой ширине полосы, низкому уровню побочных излучений, малому энергопотреблению и надежности, которые обеспечивают эти устройства.

Типовая ширина полосы радиоизлучения передатчика (по уровню 3 дБ) в подвижных системах, которые эксплуатируются или планируется к эксплуатации в полосах частот 22,5–23,6 ГГц и 25,25−27,5 ГГц, находится в пределах примерно от 143 до 865 МГц. Максимальная выходная мощность передатчика составляет от 0,1 Вт (20 дБм) до 60 Вт (48 дБм). Вместе с тем согласно п. **21.5**РР максимальный уровень мощности, подводимой на вход антенны, ограничен 10 Вт в полосе частот 25,25–27,5 ГГц, а согласно пункту **21.2**РР эквивалентная изотропно излучаемая мощность, когда направление максимального излучения антенны отстоит в пределах 1,5 градуса от направления на геостационарную спутниковую орбиту, в полосе частот 25,25–27,5 ГГц, ограничена 24 дБВт (в любой полосе шириной 1 МГц).

## 3.2 Характеристики приемника

В системах воздушной подвижной службы в полосах частот 22,5–23,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц для повышения производительности используется цифровая обработка сигналов.

В системах воздушной подвижной службы нового поколения обработка сигналов может включать расширение спектра методом прямой последовательности или другие передовые методы для получения выигрыша от обработки для полезного сигнала, а также может обеспечивать подавление помех.

## 3.3 Характеристики антенны

В системах, работающих в полосах частот 22,5–23,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц, могут использоваться антенны самых разных типов. Усиление антенны обычно находится в диапазоне 33–46 дБи. Используется горизонтальная, вертикальная и круговая поляризация.

В случае если характеристики антенны, представленные в таблице 1, являются достаточными, то для анализа совместного использования частот следует использовать эти характеристики. В случае если требуются дополнительные характеристики, первым источником данных должны быть измеренные характеристики антенны. В противном случае следует использовать характеристики антенны из таблицы 1 вместе с данными, представленными в Рекомендации МСЭ-R M.1851.

# 4 Критерии защиты для воздушной подвижной службы в полосах частот 22,5–23,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц

Производительность линии связи зачастую ограничивают шумы. Увеличение эффективного шума приемника на 1 дБ приведет к существенному уменьшению дальности связи, эквивалентному уменьшению дальности связи в условиях распространения в свободном пространстве примерно на 10%.

Увеличение эффективного шума приемника на 1 дБ соответствует отношению (*I* + *N*)/*N*, равному 1,26, или отношению *I/N* около –6 дБ. С учетом уменьшения протяженности линии связи ВПС и увеличения вероятности роста коэффициента ошибок по битам из-за увеличения эффективного шума приемника на 1 дБ, значение *I/N* = –6 дБ представляет требуемый критерий защиты ВПС от помех, создаваемых какой-либо другой службой радиосвязи. В случае если существует несколько потенциальных источников помех, для защиты систем ВПС требуется, чтобы суммарные помехи от нескольких источников не превышали этого критерия.

ТАБЛИЦА 1

Типовые технические характеристики систем воздушной подвижной службы   
в полосах частот 22,5–23,6 ГГц и 25,25–27,5 ГГц

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | | Единица измерения | Система 1  Бортовая | Система 1 Наземная | Система 2  Бортовая | Система 2  Наземная |
| Передатчик | | | | | | |
| Диапазон настройки | | ГГц | 25,75–27,15 | 22,9–23,3 | 25,25–27,5 | 22,55–23,5 |
| Выходная мощность(1) | | дБм | 27–48 | 30–48 | 20–47 | 20–47 |
| Ширина полосы | 3 дБ | МГц | 865 | 580 | 746 | 143 |
| 20 дБ | МГц | 930 | 850 | 1 009 | 196 |
| 60 дБ | МГц | 3 100 | 3 250 | 4 270 | 1 010 |
| Ослабление гармоник | | дБ | 65 | 65 | 62 | 62 |
| Ослабление побочных излучений | | дБ | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Модуляция | |  | Цифровая | Цифровая | Цифровая | Цифровая |
| Приемник | | | | | | |
| Диапазон настройки | | ГГц | 22,9–23,3 | 25,75–27,15 | 22,55–23,5 | 25,25–27,5 |
| Избирательность по РЧ | 3 дБ | МГц | 1 410 | 2 410 | 3 299 | 3 299 |
| 20 дБ | МГц | 1 540 | 2 620 | 3 510 | 3 510 |
| 60 дБ | МГц | 1 850 | 3 300 | 3 940 | 3 940 |
| Избирательность по ПЧ | 3 дБ | МГц | 652 | 957 | 226 | 854 |
| 20 дБ | МГц | 971 | 1 075 | 324 | 1 108 |
| 60 дБ | МГц | 3 540 | 3 540 | 2 248 | 4 248 |
| Коэффициент шума | | дБ | 4 | 4 | 3,5 | 4,5 |
| Чувствительность | | дБм | −80,1 | −79,7 | −85,4 | −79,1 |
| Подавление помех по зеркальному каналу | | дБ | 80 | 80 | Неприменимо | Неприменимо |
| Подавление побочных излучений | | дБ | 65 | 65 | 75 | 75 |

ТАБЛИЦА 1 (*окончание*)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Единица измерения | Система 1  Бортовая | Система 1 Наземная | Система 2  Бортовая | Система 2  Наземная |
| Антенна | | | | | |
| Усиление антенны | дБи | 33 | 36–46 | 33 | 33–46 |
| 1-й боковой лепесток | дБи | 17 | 18 | 16 | 16 |
| Поляризация |  | RHCP(2) | RHCP(2) | RHCP(2) | RHCP(2) |
| Диаграмма направленности антенны/тип антенны |  | Параболический отражатель | Параболический отражатель | Параболический отражатель | Параболический отражатель |
| Ширина луча в горизонтальной плоскости | Градусы | 3,0 | 2,7 | 7,2 | 7,2 |
| Ширина луча в вертикальной плоскости | Градусы | 3,0 | 2,7 | 7,2 | 7,2 |
| Модель антенны |  | Рекомендация МСЭ-R M.1851(3) (равномерное распределение) | Рекомендация МСЭ-R M.1851(3) (равномерное распределение) | Рекомендация МСЭ-R M.1851(3) (равномерное распределение) | Рекомендация МСЭ-R M.1851(3) (равномерное распределение) |
| Примечания:  (1) В полосе частот 25,25–27,5 ГГц применяется п. **21** (пп. **21.2** и **21.5**) РР.  (2) RHCP – с правосторонней круговой поляризацией.  (3) В Рекомендации МСЭ-R M.1851 представлено несколько диаграмм направленности, основанных на распределении поля в апертуре антенны. Предлагаемое распределение для моделирования антенн показано в тексте, заключенном в скобки, на основе руководящих указаниях в Рекомендации МСЭ‑R M.1851. | | | | | |

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