

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R М.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 М

**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-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
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 М.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 М.1851, МСЭ-R Р.2108, МСЭ-R Р.676

Ключевые слова

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

Сокращения/гlossарий

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;
- c) 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 Р. 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 М.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		РНСП ⁽²⁾	РНСП ⁽²⁾	РНСП ⁽²⁾	РНСП ⁽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 М.1851 ⁽³⁾ (равномерное распределение)	Рекомендация МСЭ-R М.1851 ⁽³⁾ (равномерное распределение)	Рекомендация МСЭ-R М.1851 ⁽³⁾ (равномерное распределение)	Рекомендация МСЭ-R М.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⁾ РНСП – с правосторонней круговой поляризацией.

⁽³⁾ В Рекомендации МСЭ-R М.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 указаний в Рекомендации МСЭ-R М.1851.