|  |
| --- |
| **Рекомендация МСЭ-R SF.1843**  **(10/2007)** |
| **Методика определения уровня мощности наземного оконечного оборудования станций на высотной платформе с целью облегчения совместного использования частот  с приемниками космических станций  в полосах 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц** |
| **Серия SF**  **Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной 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 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-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** | Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы |
| **P** | Распространение радиоволн |
| **RA** | Радиоастрономия |
| **RS** | Системы дистанционного зондирования |
| **S** | Фиксированная спутниковая служба |
| **SA** | Космические применения и метеорология |
| **SF** | **Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы** |
| **SM** | Управление использованием спектра |
| **SNG** | Спутниковый сбор новостей |
| **TF** | Передача сигналов времени и эталонных частот |
| **V** | Словарь и связанные с ним вопросы |

|  |
| --- |
| ***Примечание****. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.* |

*Электронная публикация*Женева, 2012 г.

© ITU 2012

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 SF.1843[[1]](#footnote-1)\*

Методика определения уровня мощности наземного оконечного оборудования станций на высотной платформе с целью облегчения совместного использования частот с приемниками космических станций   
в полосах 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц

(2007)

Сфера применения

В данной Рекомендации представлена методика определения уровня мощности наземного оконечного оборудования HAPS в целях содействия совместному использованию частот с приемником космической станции ФСС в полосах 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц, а также виды применения этой методики.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что происходит развитие новых технологий, в которых используются ретрансляторы сигналов электросвязи, размещенные на станциях на высотной платформе;

b) что на ВКР-97 обеспечена возможность работы станций на высотной платформе (HAPS), называемых также стратосферными ретрансляторами, в рамках фиксированной службы в полосах 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц;

c) что полосы 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц распределены фиксированной спутниковой службе (ФСС) в направлении Земля-космос;

d) что МСЭ-R было предложено изучить в срочном порядке ограничения мощности, применимые к наземным станциям HAPS, в целях облегчения совместного использования частот с приемниками космических станций;

e) что поскольку в системах ФС, в которых применяются HAPS, может использоваться полный диапазон углов места, то совместное использование частот с ФСС возможно вызовет трудности;

f) что в Рекомендации МСЭ-R F.1500 содержатся характеристики систем фиксированной службы, в которых применяются HAPS,

признавая,

a)что в соответствии с п. 5.552A Регламента радиосвязи (РР) распределение ФС в указанных выше полосах предназначено для использования HAPS,

рекомендует,

**1** чтобы для определения максимального уровня передаваемой мощности, применимого для наземного оконечного оборудования HAPS, в целях облегчения совместного использования частот с приемниками космических станций в полосах 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц в направлении земля‑HAPS использовалась методика, приведенная в Приложении 1.

Приложение 1  
  
Методика

# 1 Характеристики системы

## 1.1 Система на высотной платформе

В данном анализе используются следующие параметры, приведенные в Рекомендации МСЭ‑R F.1500:

ТАБЛИЦА 1

Зоны покрытия HAPS (платформа на высоте 21 км)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Зона покрытия | Углы места  (градусы) | Горизонтальная дальность  (км) |
| UAC(1) | 90–30 | 0–36 |
| SAC(2) | 30–15 | 36–76,5 |
| RAC(3) | 15–5 | 76,5–203 |
| (1) UAC: Зона покрытия в городском районе.  (2) SAC: Зона покрытия в пригородном районе.  (3) RAC: Зона покрытия в сельском районе. | | |

Таблица 2

Параметры передатчика наземного оконечного оборудования

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Для связи  с зоной покрытия | Плотность мощности передатчика  (дБВт/2 МГц) | Усиление антенны  (дБи) |
| UAC(1) | –8,2 | 23 |
| SAC(2) | –7 | 38 |
| RAC(3) | –1,5 | 38 |
| (1) UAC: Зона покрытия в городском районе.  (2) SAC: Зона покрытия в пригородном районе.  (3) RAC: Зона покрытия в сельском районе. | | |

## 1.2 Спутниковая станция ГСО ФСС

В данном анализе используются следующие параметры:

Таблица 3

Параметры спутника ГСО ФСС

|  |  |
| --- | --- |
| Максимальное усиление антенны (дБи) | 51,8 |
| Критерий помех (дБ(Вт/МГц)) | –150,5 |
| Диаграмма направленности антенны | из Рекомендации МСЭ-R S.672-4 |

# 2 Анализ помех

В данном разделе исследуются помехи приемнику космической станции ФСС от наземного оконечного оборудования HAPS. Для целей анализа совокупной помехи предполагаем, что наземное оконечное оборудование находится в зонах покрытия HAPS, и помеха, принимаемая космической станцией ФСС, рассчитывается для серии испытаний, при этом каждому испытанию соответствует случайное распределение наземного оконечного оборудования HAPS из полного распределения, базирующегося на Рекомендации МСЭ-R F.1500. Параметры наземного оконечного оборудования HAPS, используемые в данном анализе, показаны в таблице 4. При рассмотрении условий совместного использования частот предполагается, что полностью загруженная платформа обычно в состоянии поддерживать 100 наземных терминалов в совмещенном канале в каждой из трех зон покрытия и что главный лепесток диаграммы направленности приемной антенны приемника космической станции ФСС всегда направлен в точку надира HAPS.

ТАБЛИЦА 4

Параметры передачи наземного оконечного оборудования HAPS

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Зона покрытия | RAC | SAC | UAC |
| Диапазон углов места (градусы) | 5–15 | 15–30 | 30–90 |
| Число наземных терминалов | 100 | 100 | 100 |
| Усиление антенны (дБи) | 38 | 38 | 23 |
| Мощность (дБВт) | –1,5 | –7 | –8,2 |
| Ширина полосы канала (МГц) | 2 | 2 | 2 |



В данном анализе предполагается сценарий помех, показанный на рисунке 1. Земная станция расположена в точке надира (центр зоны покрытия HAPS) и спутник расположен на широте 0 градусов и долготе 0 градусов, в то время как расположение зоны покрытия HAPS меняется только по широте (долгота равна 0 градусов).

Ожидаемая плотность принимаемой мощности на входе приемника космической станции может быть рассчитана с помощью уравнения (1):

*Pr* *P* *Gt* – *Ltf* *Gr* – *Lrf* – *La* – *Lp* – 10 log *B* – 20 log (4π*d*/λ) – 60, (дБ(Вт/МГц)) (1)

где:

*Pr*: ожидаемая плотность принимаемой мощности несущей (дБ(Вт/МГц));

*P*: плотность передаваемой выходной мощности (дБ(Вт/МГц));

*Gt*: усиление передающей антенны (дБи);

*Ltf*: потери в фидере антенны (дБ);

*Gr*: усиление приемной антенны (дБи);

*Lrf*: потери в фидере приемной антенны (дБ);

*La*: поглощение в атмосфере при данном угле (дБ);

*Lp*: ослабление под влиянием других факторов распространения (дБ);

*B*: ширина полосы (МГц);

*d*: длина трассы сигнала (км);

λ:длина волны (м).

Ширина полосы наземного оконечного оборудования HAPS принимается равной 2 МГц в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R F.1500. Для диаграмм направленности антенн наземного оконечного оборудования HAPS используются Рекомендации МСЭ‑R F.1245 и F.699. Исходя из максимальных значений усилений антенны, приведенных в таблице 4, рассматриваются диаграммы направленности антенн из обеих вышеуказанных Рекомендаций для случаев, когда отношение диаметра антенны и длины волны меньше или равно 100.

В качестве примера диаграмм направленности антенны на рисунке 2 показана диаграмма направленности антенны из Рекомендации МСЭ-R F.1245, в которой уровень бокового лепестка ниже, чем в диаграмме направленности антенны из Рекомендации МСЭ‑R F.699.



На рисунке 3 показан пример интегральной функции распределения (ИФР) помехи при заданной широте платформы HAPS и земной станции спутника для 1000 испытаний с использованием параметров на основе таблицы 4. В данном примере для наземного оконечного оборудования HAPS была использована диаграмма направленности антенны из Рекомендации МСЭ-R F.699-6. Если критерий помех для космических станций ФСС составляет –150,5 дБ(Вт/МГц), как указано в таблице 3, то при всех значениях широты больше 70 градусов этот критерий помех будет превышен. При значениях широты меньше 70 градусов с увеличением широты помеха космической станции ФСС от наземного оконечного оборудования HAPS возрастает. Если широта выше 70 градусов, помеха снова уменьшается.

На рисунке 4 показано различие в ИФР при использовании диаграмм направленности антенн из Рекомендаций МСЭ‑R F.699 и F.1245. Из результатов видно, что на одной и той же широте наземное оконечное оборудование HAPS с диаграммой направленности антенны из Рекомендации МСЭ‑R F.1245 создает меньше помех приемнику космической станции, чем наземное оконечное оборудование HAPS с диаграммой направленности антенны из Рекомендации МСЭ‑R F.699.





# 3 Уровень передаваемой мощности наземного оконечного оборудования HAPS

Для уменьшения мощности помехи космической станции ФСС от наземного оконечного оборудования HAPS следует определить максимальный уровень мощности наземного оконечного оборудования. В данном разделе показаны примеры определения максимального уровня мощности наземного оконечного оборудования HAPS при диаграммах направленности антенны, указанных в Рекомендациях МСЭ‑R F.699 и F.1245.

Мощность наземного оконечного оборудования HAPS, указанная в Рекомендации МСЭ-R F.1500, уменьшается таким образом, чтобы добиться предотвращения помех космическим станциям ФСС от наземного оконечного оборудования HAPS даже при совпадающих зонах покрытия. Предполагается, что в наземном оконечном оборудовании HAPS имеются схемы регулирования мощности.

Как показано на рисунках 3 и 4, в связи с тем что при разных значениях широты точки надира HAPS и диаграммах направленности антенн наземного оконечного оборудования HAPS будут разные помехи, необходимо определять соответствующую мощность в зависимости от широты и диаграммы направленности антенны.

В таблице 5 показаны параметры наземного оконечного оборудования HAPS при уменьшении мощности и использовании для наземного оконечного оборудования HAPS диаграммы направленности антенны из Рекомендации МСЭ-R F.699. Для случаев C и D, указанных в этой таблице, наземное оконечное оборудование HAPS в зонах покрытия SAC и RAC исключено в связи с увеличением вероятности того, что вследствие низких углов места на более высоких широтах главные лучи наземного оконечного оборудования HAPS будут направлены на приемник космической станции ФСС.

ТАблица 5

Параметры совместного использования частот при различных значениях широты  
точки надира HAPS (используется диаграмма направленности антенны  
из Рекомендации МСЭ-R F.699)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Случай | Широта HAPS и спутниковой земной станции | Параметры передатчика | UAC | SAC | RAC |
| Углы места  (90°–30°) | Углы места (30°–15°) | Углы места (15°–5°) |
| A | 0° ≤ ϕ ≤ 30° | Количество наземных терминалов | 100 | 100 | 100 |
| Усиление антенны | 23 дБи | 38 дБи | 38 дБи |
| Мощность | –13,2 дБВт | –7 дБВт | –1,5 дБВт |
| B | 30° < ϕ ≤ 50° | Количество наземных терминалов | 100 | 100 | 100 |
| Усиление антенны | 23 дБи | 38 дБи | 38 дБи |
| Мощность | –13,2 дБВт | –12 дБВт | –6,5 дБВт |
| C | 50° < ϕ < 58° | Количество наземных терминалов | 100 | − | − |
| Усиление антенны | 23 дБи | − | − |
| Мощность | –13,2 дБВт | − | − |
| D | ϕ ≥ 58° | Количество наземных терминалов | 100 | − | − |
| Усиление антенны | 23 дБи | − | − |
| Мощность | –8,2 дБВт | − | − |
| **Примечание**:  СЛУЧАЙ A: Уменьшение мощности на 5 дБ только в зоне покрытия UAC.  СЛУЧАЙ B: Уменьшение мощности на 5 дБ во всех зонах покрытия.  СЛУЧАЙ C: Уменьшение мощности на 5 дБ в зоне покрытия UAC при исключении пользователей из зон покрытия SAC и RAC.  СЛУЧАЙ D: Без уменьшения мощности при исключении пользователей из зон покрытия SAC и RAC. | | | | | |

В таблице 6 показаны параметры наземного оконечного оборудования HAPS при уменьшении мощности и использовании для наземного оконечного оборудования HAPS диаграммы направленности антенны из Рекомендации МСЭ-R F.1245. По той же самой причине, о которой говорилось выше, для случаев С и D из этой таблицы наземное оконечное оборудование HAPS в зонах покрытия SAC и RAC также исключено.

таблица 6

Параметры совместного использования частот при различных значениях широты  
точки надира HAPS (используется диаграмма направленности антенны  
 из Рекомендации МСЭ-R F.1245)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Случай | Широта HAPS и спутниковой земной станции | Параметры передатчика | UAC | SAC | RAC |
| Углы места  (90°–30°) | Углы места (30°–15°) | Углы места  (15°–5°) |
| A | 0° ≤ ϕ ≤ 30° | Количество наземных терминалов | 100 | 100 | 100 |
| Усиление антенны | 23 дБи | 38 дБи | 38 дБи |
| Мощность | –10,7 дБВт | –7 дБВт | –1,5 дБВт |
| B | 30° < ϕ ≤ 50° | Количество наземных терминалов | 100 | 100 | 100 |
| Усиление антенны | 23 дБи | 38 дБи | 38 дБи |
| Мощность | –12,2 дБВт | –11 дБВт | –5,5 дБВт |
| C | 50° < ϕ < 58° | Количество наземных терминалов | 100 | − | − |
| Усиление антенны | 23 дБи | − | − |
| Мощность | –10,7 дБВт | − | − |
| D | ϕ ≥ 58° | Количество наземных терминалов | 100 | − | − |
| Усиление антенны | 23 дБи | − | − |
| Мощность | –8,2 дБВт | − | − |
| **Примечание**:  СЛУЧАЙ A: Уменьшение мощности на 2,5 дБ только в зоне покрытия UAC.  СЛУЧАЙ B: Уменьшение мощности на 4 дБ во всех зонах покрытия.  СЛУЧАЙ C: Уменьшение мощности на 2,5 дБ в зоне покрытия UAC при исключении пользователей из зон покрытия SAC и RAC.  СЛУЧАЙ D: Без уменьшения мощности при исключении пользователей из зон покрытия SAC и RAC. | | | | | |

На рисунке 5 показана возможность предотвращения помех космической станции ФСС от наземного оконечного оборудования HAPS за счет уменьшения мощности наземного оконечного оборудования HAPS на величину до 5 дБ.

На рисунке 6 показана возможность предотвращения помех космической станции ФСС от наземного оконечного оборудования HAPS за счет уменьшения мощности наземного оконечного оборудования HAPS на величину до 4 дБ.

На низких широтах (ниже 30 градусов) мощность наземного оконечного оборудования HAPS в зоне покрытия UAC является важным фактором, а на высоких широтах (выше 30 градусов) мощность наземного оконечного оборудования HAPS в зонах покрытия SAC и RAC является преобладающим фактором. На рисунках 5 и 6 показано, что во всех случаях критерий помех не превышается.





Если наземное оконечное оборудование HAPS оснащено системой регулирования мощности, можно уменьшать их передаваемую мощность в условиях чистого неба, не превышая критерий помех приемника космической станции ФСС в совпадающей зоне покрытия. В условиях ясного неба можно добиться уменьшения на величину вплоть до значения ослабления в дожде, указанного в Рекомендации МСЭ-R F.1500, т. е. до 11,2 дБ, 14,9 дБ и 22,4 дБ в зонах покрытия UAC, SAC и RAC, соответственно. В данном анализе уменьшение мощности (например, максимум 5 дБ в случае с параметрами из таблицы 5, максимум 4 дБ – из таблицы 6) предполагается для того, чтобы показать возможность предотвращения помех в совпадающих зонах покрытия. В совпадающих зонах покрытия желательно применять уменьшение мощности. В условиях дождя уменьшенную мощность желательно восстановить.

# 4 Резюме

В данном Приложении представлена методика определения уровня мощности наземного оконечного оборудования HAPS в целях содействия совместному использованию частот с приемниками космических станций ФСС в полосах 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц, а также виды применения этой методики. При использовании параметров, приведенных в таблицах 5 и 6 (т. е. диапазон регулирования мощности 5 дБ), уменьшение мощности может удовлетворять критерию помех.

Таким образом, в данном Приложении показана возможность предотвращения помех приемнику космической станции ФСС от наземного оконечного оборудования HAPS с диапазоном регулирования мощности 5 дБ.

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

1. \* 4-я и 5-я Исследовательские комиссии внесли в настоящую Рекомендацию редакционные поправки согласно Резолюции МСЭ-R 1 в сентябре 2011 года и ноябре 2010 года, соответственно. [↑](#footnote-ref-1)