

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

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-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
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*

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 NAPS 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 (NAPS), 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 NAPS, в целях облегчения совместного использования частот с приемниками космических станций;
- e) что поскольку в системах ФС, в которых применяются NAPS, 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 NAPS,

признавая,

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

рекомендует,

1 чтобы для определения максимального уровня передаваемой мощности, применимого для наземного оконечного оборудования NAPS, 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-NAPS использовалась методика, приведенная в Приложении 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.

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 NAPS (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

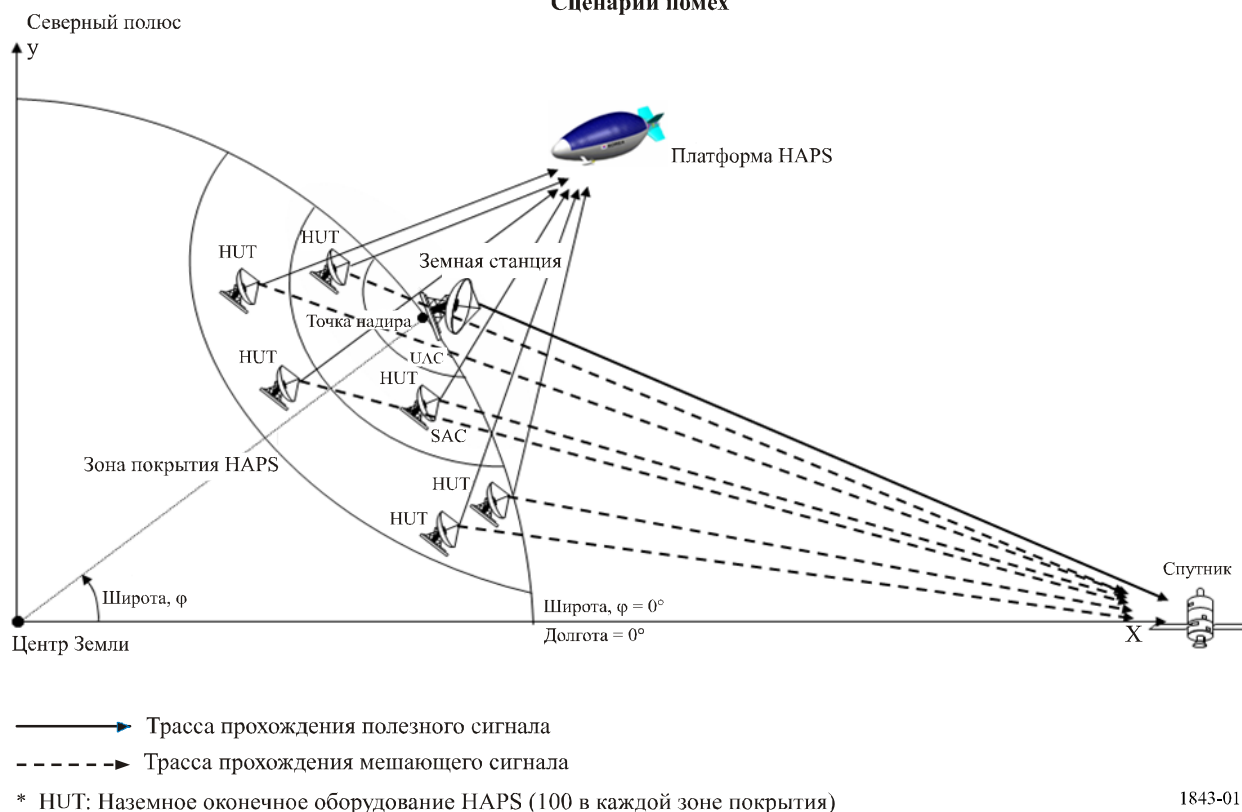
В данном разделе исследуются помехи приемнику космической станции ФСС от наземного оконечного оборудования HAPS. Для целей анализа совокупной помехи предполагаем, что наземное оконечное оборудование находится в зонах покрытия HAPS, и помеха, принимаемая космической станцией ФСС, рассчитывается для серии 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

РИСУНОК 1

Сценарий помех



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 долготы 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):

$$P_r = P + G_t - L_{if} + G_r - L_{rf} - L_a - L_p - 10 \log B - 20 \log (4\pi d/\lambda) - 60, \quad (\text{дБ(Вт/МГц)}) \quad (1)$$

где:

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

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

G_t : усиление передающей антенны (дБи);

L_{if} : потери в фидере антенны (дБ);

G_r : усиление приемной антенны (дБи);

L_{rf} : потери в фидере приемной антенны (дБ);

L_a : поглощение в атмосфере при данном угле (дБ);

L_p : ослабление под влиянием других факторов распространения (дБ);

B : ширина полосы (МГц);

d : длина трассы сигнала (км);

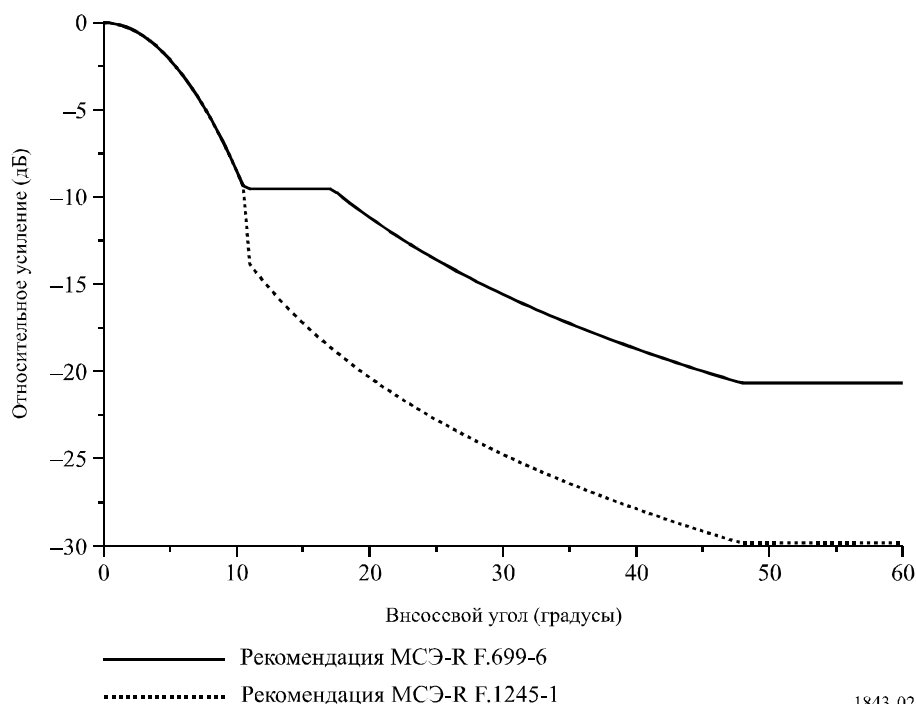
λ : длина волны (м).

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 усиления 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.

РИСУНОК 2

Диаграмма направленности излучения



1843-02

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.

РИСУНОК 3

Пример ИФР при различных широтах точки надира HAPS
(используется диаграмма направленности антенны из Рекомендации МСЭ-R F.699)

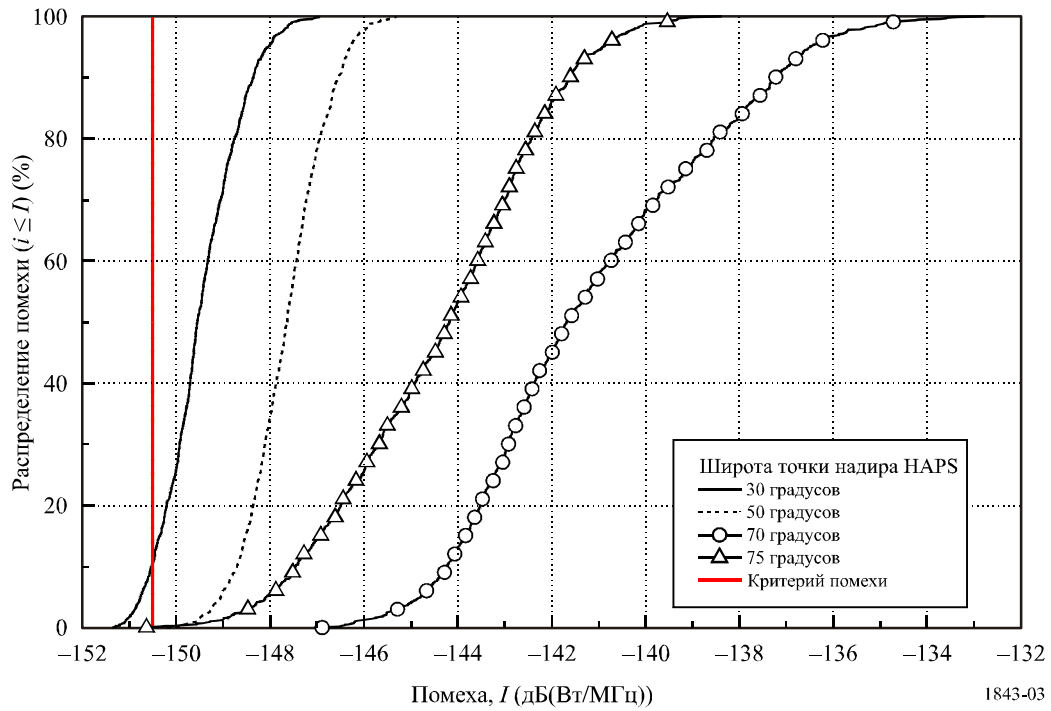
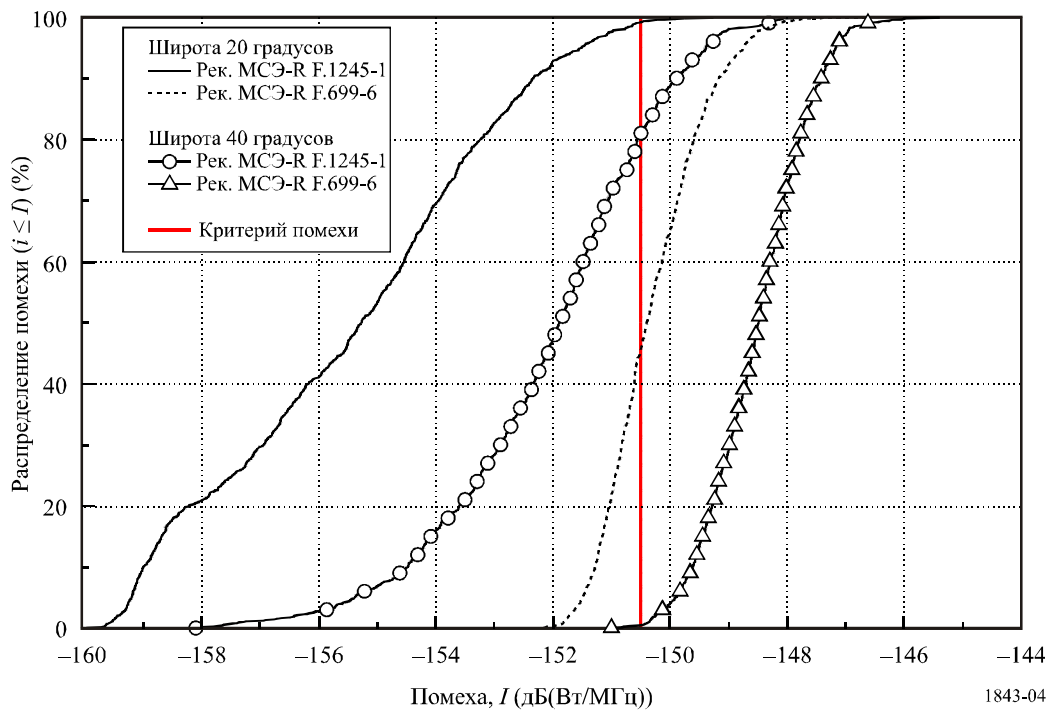


РИСУНОК 4

ИФР при различных диаграммах направленности антенны
(диаграмма направленности антенны из Рекомендации МСЭ-R F.699
и Рекомендации МСЭ-R F.1245)



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	$0^\circ \leq \varphi \leq 30^\circ$	Количество наземных терминалов	100	100	100
		Усиление антенны	23 дБи	38 дБи	38 дБи
		Мощность	-13,2 дБВт	-7 дБВт	-1,5 дБВт
B	$30^\circ < \varphi \leq 50^\circ$	Количество наземных терминалов	100	100	100
		Усиление антенны	23 дБи	38 дБи	38 дБи
		Мощность	-13,2 дБВт	-12 дБВт	-6,5 дБВт
C	$50^\circ < \varphi < 58^\circ$	Количество наземных терминалов	100	–	–
		Усиление антенны	23 дБи	–	–
		Мощность	-13,2 дБВт	–	–
D	$\varphi \geq 58^\circ$	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	$0^\circ \leq \varphi \leq 30^\circ$	Количество наземных терминалов	100	100	100
		Усиление антенны	23 дБи	38 дБи	38 дБи
		Мощность	-10,7 дБВт	-7 дБВт	-1,5 дБВт
B	$30^\circ < \varphi \leq 50^\circ$	Количество наземных терминалов	100	100	100
		Усиление антенны	23 дБи	38 дБи	38 дБи
		Мощность	-12,2 дБВт	-11 дБВт	-5,5 дБВт
C	$50^\circ < \varphi < 58^\circ$	Количество наземных терминалов	100	–	–
		Усиление антенны	23 дБи	–	–
		Мощность	-10,7 дБВт	–	–
D	$\varphi \geq 58^\circ$	Количество наземных терминалов	100	–	–
		Усиление антенны	23 дБи	–	–
		Мощность	-8,2 дБВт	–	–

Примечание:

СЛУЧАЙ А: Уменьшение мощности на 2,5 дБ только в зоне покрытия UAC.

СЛУЧАЙ В: Уменьшение мощности на 4 дБ во всех зонах покрытия.

СЛУЧАЙ С: 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 превышает.

РИСУНОК 5

ИФР при различных параметрах из случаев А, В, С и D
(используются параметры из таблицы 5)

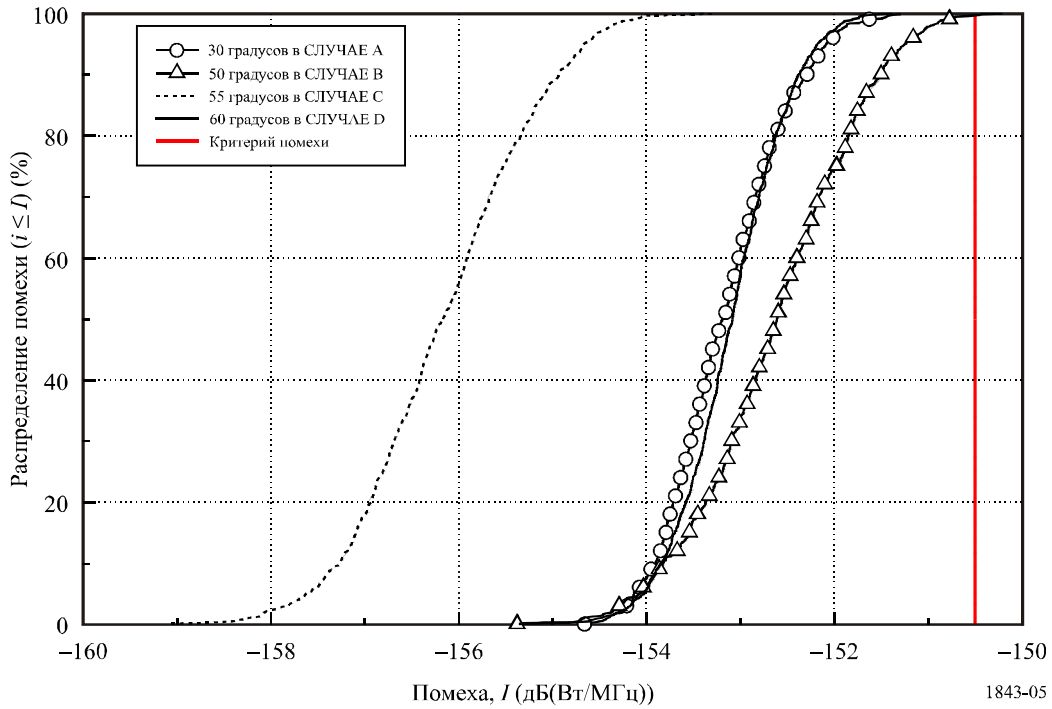
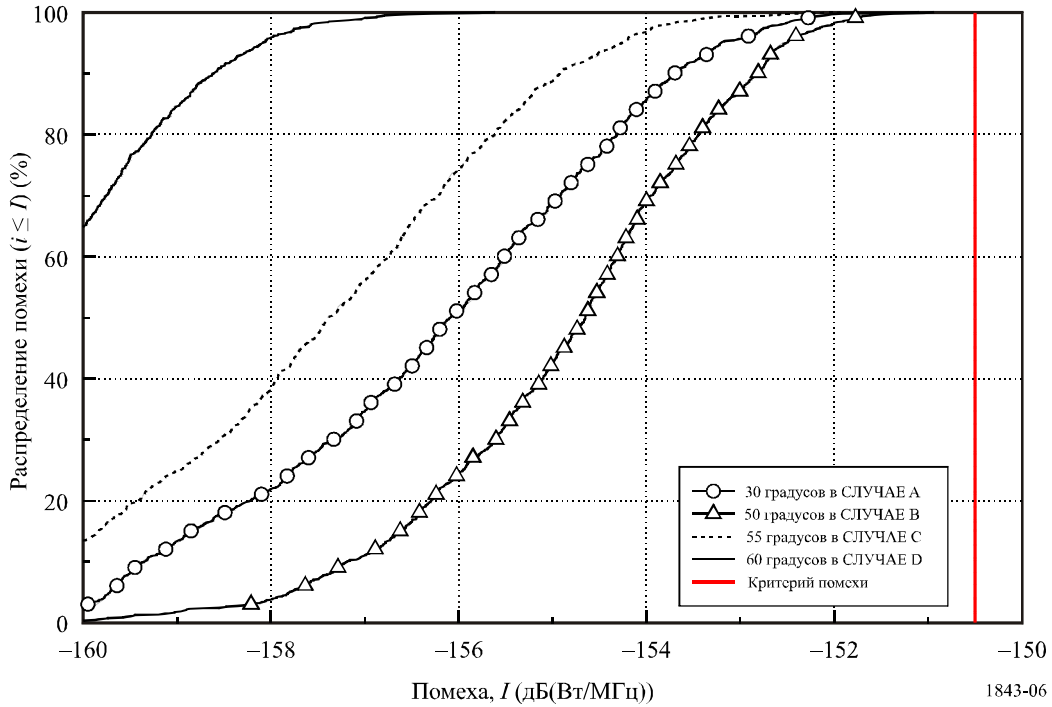


РИСУНОК 6

ИФР при различных параметрах из случаев А, В, С и D
(используются параметры из таблицы 6)



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.
