

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R S.1673-1
(01/2010)

**Методика расчета наихудшего случая
уровней помех, создаваемых
негеостационарной системой
фиксированной спутниковой службы
на высокоэллиптических орбитах (ВЭО)
геостационарным сетям фиксированной
спутниковой службы, работающим
в диапазоне частот 10–30 ГГц**

Серия S
Фиксированная спутниковая служба



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 службой
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, 2010 г.

© ITU 2010

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 S.1673-1

Методика расчета наихудшего случая уровней помех, создаваемых негеостационарной системой фиксированной спутниковой службы на высокоэллиптических орбитах (ВЭО)* геостационарным сетям фиксированной спутниковой службы, работающим в диапазоне частот 10–30 ГГц

(Вопрос МСЭ-R 231/4)

(2003-2010)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации приводятся методики для оценки наихудшего случая уровней помех, создаваемых негеостационарной системой на высокоэллиптических орбитах (ВЭО), работающей в фиксированной спутниковой службе, геостационарным спутниковым сетям, работающим в той же службе. Методики, описанные в данной Рекомендации, применимы в диапазонах частот от 10 до 30 ГГц. В этих методиках используются предположения для наихудшего случая, которые преувеличивают реальные уровни помех.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что в соответствии с Регламентом радиосвязи (РР) многие полосы частот фиксированной спутниковой службы (ФСС) могут быть использованы как для геостационарных (ГСО), так и для негеостационарных (НГСО) спутниковых сетей;
- b) что НГСО системы ФСС не должны создавать неприемлемых помех ГСО сетям ФСС в соответствии с положениями РР;
- c) что в некоторых полосах частот ФСС уровень приемлемых помех от НГСО систем сетям ГСО количественно выражается в единицах пределов $erfd\uparrow$ и $erfd\downarrow$, и эти пределы для конкретных полос частот определены в Статье 22 РР;
- d) что администрациям может потребоваться рассчитать уровни помех, включая уровень помех для наихудшего случая, которые создаются системой НГСО любой сети ГСО в полосах частот ФСС, отличных от тех, для которых пределы $erfd\uparrow$ и $erfd\downarrow$ определены в РР;
- e) что разрабатываются методики для оценки уровней помех от НГСО систем сетям ГСО, учитывающие положения РР;
- f) что методики, указанные в пункте e) раздела *учитывая*, основаны, главным образом, на НГСО системах ФСС, работающих на околоземных и средневысотных круговых орбитах, а для расчета помех, создаваемых ГСО сетям ФСС работой НГСО системы ФСС на высокоэллиптических орбитах (ВЭО), в которой для работы используются ограниченные участки орбиты – "активные" дуги, и они пространственно разнесены с ГСО, может быть пригодна более простая методика (см. Примечание 1),

признавая

- a) что "Управление помехами в негеостационарных спутниковых системах" рассматривается в Разделе II Статьи 22 РР,

* Характеристики систем на высокоэллиптических орбитах (ВЭО) ФСС приведены в Рекомендации МСЭ-R S.1758.

отмечая,

- a) что были также выполнены исследования по реализации НГСО систем ФСС на ВЭО в ФСС в диапазоне частот 10–30 ГГц;
- b) что в полосах частот, отличных от указанных в пункте с) раздела *учитывая*, выше, именно затронутая администрация должна определить, создает ли НГСО система ФСС неприемлемые помехи работе ГСО сети ФСС;
- c) что НГСО системы ФСС типа ВЭО, упомянутые в пункте а) раздела *отмечая*, характеризуется использованием ограниченных рабочих или "активных" дуг, которые, хотя и отличаются по величине в разных системах, пространственно разнесены с ГСО,

рекомендует

1 что для наихудшего случая уровень помех, создаваемых НГСО системой ФСС типа ВЭО, описанного в разделе *отмечая*, выше, работе ГСО сети ФСС, следует рассчитывать с учетом того, что в такой системе все НГСО спутники, работающие на совпадающей частоте и ведущие передачу в направлении одного и того же географического региона Земли, создают свои максимальные уровни п.п.м.;

2 что для НГСО систем ФСС типа ВЭО в диапазонах частот от 10 до 30 ГГц, где пределы $erfd\uparrow$ и $erfd\downarrow$ в РР не определены (см. Примечание 2), для расчета наихудшего случая уровней помех, создаваемых НГСО системами ФСС типа ВЭО работе ГСО сетей ФСС, следует использовать методику, описанную в Приложении 1 к этой Рекомендации (см. Примечания 3, 4 и 5);

3 что для НГСО систем ФСС типа ВЭО в диапазонах частот от 10 до 30 ГГц, где пределы $erfd\uparrow$ и $erfd\downarrow$ определены в РР (см. Примечание 2), для расчета наихудшего случая уровней помех создаваемых НГСО системами ФСС типа ВЭО работе ГСО сетей ФСС, следует использовать методику, описанную в Приложении 2 к этой Рекомендации (см. Примечания 4 и 6).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В данной Рекомендации спутниковая система, использующая одну из следующих орбит, рассматривается как негеостационарная спутниковая система типа ВЭО. Спутники в системе работают только на активной дуге:

- орбита с эксцентриситетом как минимум 0,05; наклоном от 35° до 145°; апогеем не менее 18 000 км и периодом, который является геосинхронным периодом (23 час. 56 мин.), умноженным на m/n , где m и n – целые числа (отношение m/n может быть меньше единицы, равно единице или больше единицы); или
- круговая орбита (с эксцентриситетом не более 0,005), с геосинхронным периодом (23 час. 56 мин.) и наклоном от 35° до 145°.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Полосы частот, для которых пределы $erfd\uparrow$ и $erfd\downarrow$ определены в РР, это – 10,7–13,25; 13,75–14,5; 17,3–18,6; 19,7–20,2; 27,5–28,6 и 29,5–30,0 ГГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Методика, описанная в Приложении 1, дополняет методику, описанную в Рекомендации МСЭ-R S.1560 для диапазонов частот 4 и 6 ГГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Методики в этой Рекомендации используют предположения для наихудшего случая, которые преувеличивают реальные уровни помех. Для некоторых систем, особенно для тех, где меняются наведение луча, частота, мощность, потери на пути распространения и/или число спутников, одновременно ведущих передачи в зону обслуживания, оценка может быть значительно завышенной. Методы более точного анализа могут использоваться для более детальной оценки профиля помех, для того чтобы определить реалистичные уровни помех и их соответствующие вероятности появления.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – В Приложении 3 приводится пример использования методики, указанной в пункте 2 раздела *рекомендует*, для НГСО системы ФСС типа ВЭО.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – В Приложении 4 приводится пример использования методики, указанной в пункте 3 раздела *рекомендует*, для НГСО системы ФСС типа ВЭО.

Приложение 1

Методика расчета наихудшего случая уровней помех, создаваемых негеостационарной системой ФСС типа ВЭО геостационарным сетям ФСС, работающим в полосах частот от 10 до 30 ГГц, где пределы $erfd\uparrow$ и $erfd\downarrow$ в РР не определены

Описанную далее методику следует использовать для расчета потенциальных уровней помех от работающих на совпадающих частотах НГСО систем ФСС типа ВЭО ГСО сетям ФСС, работающим в диапазонах частот от 10 до 30 ГГц, где пределы $erfd\uparrow$ и $erfd\downarrow$ в РР не определены.

1 Данные относительно НГСО системы ФСС

Приведенная далее информация необходима для рассмотрения НГСО системы ФСС:

Передачи космос-Земля

- θ_{D-min} : Минимальное угловое разнесение на земной станции ГСО ФСС между LoS в направлении активно передающих спутников НГСО и LoS в направлении связанного с ней спутника ГСО (градусы).
- $pf\hat{d}_{D-non-GSO-max}$: Максимальная п.п.м. на земной поверхности в позиции земной станции сети ГСО ФСС, создаваемая передачами от каждого спутника ГСО в группировке (дБ(Вт/(м² · Гц))).
- N_D : Максимальное количество спутников НГСО, работающих на совпадающей частоте в спутниковой системе на ВЭО, ведущих передачи в направлении одного географического региона Земли. Необходимо знать число таких спутников в функции от процента времени.

Передачи Земля-космос

- θ_{U-min} : Минимальное угловое разнесение на передающей земной станции НГСО ФСС между LoS в направлении на геостационарную орбиту и LoS в направлении связанного с ней спутника НГСО (градусы).
- $e.i.r.p_{non-GSO-max}$: Максимальная спектральная плотность внеосевой э.и.и.м. от передающей земной станции НГСО, соответствующая минимальному угловому разнесению (θ_{U-min}) (дБ(Вт/Гц)).
- N_U : Максимальное количество передающих НГСО земных станций, работающих на совпадающей частоте в спутниковой системе, использующей ВЭО в пределах одного географического региона Земли, передачи которых, вероятно, будут приниматься одним приемным лучом спутника ГСО.

2 Данные относительно ГСО сети ФСС

Приведенная далее информация необходима для рассмотрения сети ГСО:

Чувствительность приемной земной станции

$G_{GSO-ES-max}$: Предполагаемое внеосевое усиление приемной земной станции ГСО в направлении, соответствующем минимальному угловому разнесению (θ_{D-min}) спутника НГСО в то время, когда он ведет активные передачи (дБи).

T_{GSO-ES} : Предполагаемая шумовая температура приемной системы в условиях чистого неба (включая шум приемной антенны) на линии вниз ГСО. Для того чтобы действовать более осторожно, не следует учитывать ухудшения, создаваемые на всей линии, под действием линии вверх (К).

Чувствительность приема спутника

$G_{GSO-SS-max}$: Предполагаемое максимальное усиление приемной антенны спутника ГСО (дБи).

T_{GSO-SS} : Предполагаемая шумовая температура приемной системы в условиях чистого неба на линии вверх ГСО. Для того чтобы действовать более осторожно, она не должна учитывать всю линию включая линию вниз (К).

3 Расчет помех сети ГСО от линии вниз

Описанные далее три этапа выполняются для расчета ухудшения шумовой температуры приемной системы ГСО сети на линии вниз из-за помех со стороны одной спутниковой системы НГСО:

Этап D1: Рассчитать максимальную спектральную плотность мощности (СПМ) мешающего сигнала (I_{0-ES}) от одного спутника НГСО на выходе антенны ГСО земной станции:

$$I_{0-ES} = pfd_{D-non-GSO-max} + G_{GSO-ES-max} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad \text{дБ(Вт/Гц)}, \quad (1)$$

где λ – длина волны (м).

Этап D2: Рассчитать СПМ шума (N_0) на выходе антенны ГСО земной станции:

$$N_{0-ES} = 10 \log(kT_{GSO-ES}) \quad \text{дБ(Вт/Гц)}, \quad (2)$$

где k – постоянная Больцмана.

Этап D3: Рассчитать ухудшение шумовой температуры ($\Delta T/T_D$) приемной системы на линии вниз от группировки спутников НГСО:

$$\Delta T/T_D = N_D 10^{\left(\frac{I_{0-ES} - N_{0-ES}}{10} \right)}. \quad (3)$$

4 Расчет помех сети ГСО от линии вверх

Описанные далее четыре этапа выполняются для расчета ухудшения шумовой температуры приемной системы ГСО сети на линии вверх из-за помех со стороны одной спутниковой НГСО системы ФСС:

Этап U1: Рассчитать максимальную спектральную плотность п.п.м. (с.п.п.м.) на космической станции ГСО ($pdf_{U-non-GSO-max}$) от одной передающей земной станции НГСО: Отметим, что в этом уравнении предполагается, что передающая земная станция НГСО расположена на минимальном расстоянии от спутника ГСО. Следует отметить, что в этом местоположении земной станции результирующий угол разнесения будет больше, чем минимальный угол разнесения, который использован в анализе. Таким образом, будет получена завышенная оценка принимаемых помех.

$$pdf_{U-non-GSO-max} = e.i.r.p_{non-GSO-max} - 10 \log(4\pi(35\,786)^2) - 60 \quad \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}. \quad (4)$$

Этап U2: Рассчитать СПМ мешающего сигнала (I_{0-SS}) на выходе антенны космической станции ГСО:

$$I_{0-SS} = pdf_{U-non-GSO-max} + G_{GSO-SS-max} + 10 \log\left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) \quad \text{дБ(Вт/Гц)}, \quad (5)$$

где λ – длина волны (м).

Этап U3: Рассчитать СПМ шума (N_0) на выходе антенны космической станции ГСО:

$$N_{0-SS} = 10 \log(kT_{GSO-SS}) \quad \text{дБ(Вт/Гц)}, \quad (6)$$

где k – постоянная Больцмана.

Этап U4: Рассчитать ухудшение шумовой температуры приемной системы ($\Delta T/T_U$) на линии вверх:

$$\Delta T/T_U = N_U 10^{\left(\frac{I_{0-SS} - N_{0-SS}}{10}\right)}. \quad (7)$$

5 Несколько НГСО систем ФСС

Вышеописанная методика полезна для расчета одного компонента помех, создаваемых системой. Эта методика непригодна в ситуации, когда есть M однотипных НГСО систем ФСС, которые используют совместно одни и те же полосы частот, так как максимальные уровни СПМ мешающего сигнала от НГСО систем ФСС и минимальное угловое разнесение от дуги ГСО для каждой системы могут быть свои.

Для применения принципа вышеупомянутой методики для случая работы нескольких НГСО систем ФСС необходимо учитывать следующее:

- После этапов D1 и U2 суммарные уровни СПМ мешающего сигнала на линии вниз и на линии вверх следует рассчитывать путем суммирования всех отдельных уровней от множества M НГСО систем ФСС, соответственно, следующим образом:

Этап D1m: Рассчитать максимальную СПМ агрегированного сигнала, (I_{A-0-ES}) (дБ(Вт/Гц)), от спутников НГСО из множества M систем НГСО на выходе антенны ГСО земной станции ФСС:

$$I_{A-0-ES} = 10 \log \sum_{m=1}^M 10^{\left[\frac{I_{0-ES-m}}{10}\right]} \quad \text{дБ(Вт/Гц)}, \quad (8)$$

I_{0-ES-m} – максимальная СПМ агрегированного сигнала от спутников НГСО из m -й системы НГСО. Это значение получается с использованием следующего уравнения:

$$I_{0-ES-m} = I_{0-ES} + 10 \log N_{D-m} \quad \text{дБ(Вт/Гц)}, \quad (9)$$

N_{D-m} – максимальное количество спутников, работающих на совпадающей частоте в m -й НГСО системе ФСС типа ВЭО и передающих в направлении одного географического региона Земли.

Этап D3m: в случае для множеств N НГСО систем ФСС значение $\Delta T/T_{Dm}$ можно рассчитать следующим способом, используя значения, полученные на этапах D1m и D2.

$$\frac{\Delta T}{T_{Dm}} = 10^{\left[\frac{I_{A-0-ES} - N_{0-ES}}{10} \right]}. \quad (10)$$

Этап U2m: Рассчитать максимальную СПМ агрегированного сигнала (I_{A-0-SS}) (дБ(Вт/Гц)) от земных станций из множества M систем НГСО на выходе антенны космической станции ГСО:

$$I_{A-0-SS} = 10 \log \sum_{m=1}^M 10^{\left[\frac{I_{0-SS-m}}{10} \right]} \quad \text{дБ(Вт/Гц)}, \quad (11)$$

I_{0-SS-m} – максимальная СПМ агрегированного сигнала от земных станций из m -й системы НГСО. Это значение получается с использованием следующего уравнения:

$$I_{0-SS-m} = I_{0-SS} + 10 \log N_{U-m} \quad \text{дБ(Вт/Гц)}, \quad (12)$$

N_{U-m} – минимальное количество передающих земных станций, работающих на совпадающей частоте в m -й НГСО системе ФСС, использующие ВЭО в пределах географического региона Земли, передачи которых, вероятно, будут приниматься одним приемным лучом спутника ГСО.

Этап U4m: Ухудшение приемной системы на линии вверх множества M НГСО систем ФСС, $\Delta T/T_{Um}$, можно рассчитать следующим способом, используя значения, полученные на этапах U2m и U3.

$$\frac{\Delta T}{T_{Um}} = 10^{\left[\frac{I_{A-0-SS} - N_{0-SS}}{10} \right]}. \quad (13)$$

Приложение 2

Методика расчета наихудшего случая уровней помех, создаваемых НГСО системами ФСС типа ВЭО спутниковым сетям ГСО ФСС, работающим в диапазоне частот от 10 до 30 ГГц, где пределы $\text{erfd}\uparrow$ и $\text{erfd}\downarrow$ определены в РР

Описанную далее методику следует использовать для расчета потенциальных уровней помех от работающих на совпадающих частотах НГСО систем ФСС типа ВЭО ГСО сетям ФСС, работающим в диапазонах частот от 10 до 30 ГГц, где пределы $\text{erfd}\uparrow$ и $\text{erfd}\downarrow$ определены в РР.

1 Данные относительно НГСО системы ФСС

Приведенная далее информация необходима для рассмотрения НГСО системы ФСС:

Передачи космос-Земля

- θ_{D-min} : Минимальное угловое разнесение на земной станции ГСО ФСС между LoS в направлении активно передающих спутников НГСО и LoS в направлении связанного с ней спутника ГСО (градусы).
- $pf\downarrow_{D-non-GSO-max}$: Максимальная п.п.м. на земной поверхности в позиции земной станции сети ГСО ФСС, создаваемая передачами от каждого спутника ГСО в группировке (дБ(Вт/(м² · Гц))).
- N_D : Максимальное количество спутников НГСО, работающих на совпадающей частоте в спутниковой системе на ВЭО, ведущих передачи в направлении одного географического региона Земли. Необходимо знать число таких спутников в функции от процента времени.

Передачи Земля-космос

- θ_{U-min} : Минимальное угловое разнесение на передающей земной станции НГСО ФСС между LoS в направлении на геостационарную орбиту и LoS в направлении связанного с ней спутника НГСО (градусы).
- $e.i.r.p.-non-GSO-max$: Максимальная спектральная плотность внеосевой э.и.м. от передающей земной станции НГСО, соответствующая минимальному угловому разнесению (θ_{U-min}) (дБ(Вт/Гц)).
- N_U : Максимальное количество передающих НГСО земных станций, работающих на совпадающей частоте в спутниковой системе на ВЭО в пределах одного географического региона Земли, передачи которых, вероятно, будут приниматься одним приемным лучом спутника ГСО.

2 Данные относительно ГСО сети ФСС

Приведенная далее информация необходима для рассмотрения сети ГСО:

Чувствительность приемной земной станции

- $G_{GSO-ES-max}$: Предполагаемое максимальное внеосевое усиление приемной земной станции ГСО в направлении, соответствующем минимальному угловому разнесению (θ_{D-min}) спутника НГСО в то время, когда он ведет активные передачи (дБи).
- G_{GSO-ES} : Предполагаемое максимальное усиление приемной антенны спутника ГСО (дБи).

Чувствительность приема спутника

- $G_{GSO-SS-max}$: Предполагаемое максимальное внеосевое усиление приемной антенны спутника ГСО (дБи).
- G_{GSO-SS} : Предполагаемое максимальное усиление приемной антенны спутника ГСО (дБи).

3 Расчет помех сети ГСО от линии вниз

Описанные далее два этапа выполняются для расчета уровней $epfd\downarrow$ на земных станциях ГСО сети ФСС от одной НГСО системы ФСС:

Этап D1: Рассчитать уровень $epfd\downarrow$ одного спутника на выходе антенны ГСО земной станции:

$$epfd\downarrow = pf\downarrow_{D-non-GSO-max} + G_{GSO-ES-max} - G_{GSO-ES} \quad \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}. \quad (14)$$

Этап D2: Рассчитать уровни $epfd_{\downarrow}$ от группировки спутников НГСО на выходе антенны ГСО земной станции:

$$epfd_{\downarrow} = epfd_{\downarrow} + 10 \log N_D \quad \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}. \quad (15)$$

Отметим, что $epfd_{\downarrow}$ в уравнении (15) представлен для эталонной полосы 1 Гц. Для получения $epfd_{\downarrow}$ в эталонной полосе F кГц добавляется величина $10 \log(1000F)$ (дБ).

4 Расчет помех сети ГСО от линии вверх

Описанные далее три этапа выполняются для расчета уровней $epfd_{\uparrow}$ на спутнике ГСО сети ФСС от одной НГСО системы ФСС:

Этап U1: Рассчитать максимальную с.п.п.м. на космической станции ГСО ($pdf_{U-non-GSO-max}$) от одной передающей земной станции НГСО: Отметим, что в этом уравнении предполагается, что передающая земная станция НГСО расположена на минимальном расстоянии от спутника ГСО. Следует отметить, что в этом местоположении земной станции результирующий угол разнесения будет больше, чем минимальный угол разнесения, который использован в анализе. Таким образом, будет получена завышенная оценка принимаемых помех.

$$pdf_{U-non-GSO-max} = e.i.r.p_{non-GSO-max} - 10 \log(4\pi(35\,786)^2) - 60 \quad \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}. \quad (16)$$

Этап U2: Рассчитать максимальную $epfd_{\uparrow}$ на выходе антенны космической станции ГСО:

$$epfd_{\uparrow} = pdf_{U-non-GSO-max} + G_{GSO-SS-max} - G_{GSO-SS} \quad \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}. \quad (17)$$

Этап U3: Рассчитать агрегированную $epfd_{\uparrow}$ на выходе антенны космической станции ГСО:

$$Aggregate\ epfd_{\uparrow} = epfd_{\uparrow} + 10 \log N_u \quad \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}. \quad (18)$$

Отметим, что агрегированная $epfd_{\uparrow}$ в уравнении (18) представлена для эталонной полосы пропускания 1 Гц. Для получения агрегированной $epfd_{\uparrow}$ для эталонной полосы пропускания F кГц, следует добавить величину $10 \log(1000F)$ (дБ).

5 Несколько НГСО систем ФСС

Вышеописанная методика полезна для расчета одного компонента помех, создаваемых системой. Эта методика, примененная в ситуации, когда есть M однотипных НГСО систем ФСС, которые используют совместно одни и те же полосы частот, не является подходящей, так как максимальные уровни п.п.м. мешающего сигнала от НГСО систем ФСС и минимальное угловое разнесение от дуги ГСО для каждой системы могут быть свои.

Для применения принципа вышеупомянутой методики для случая работы нескольких НГСО систем ФСС, необходимо учитывать следующее:

- После этапов D2 и U3 суммарные уровни п.п.м. мешающего сигнала ($Aggregate\ epfd_m$ на линии вниз и на линии вверх) следует рассчитывать путем суммирования всех отдельных уровней от множества M НГСО систем ФСС, следующим образом:

Этап D2m:

$$Aggregate\ epfd_{m\downarrow} = 10 \log \sum_{m=1}^M 10^{\left[\frac{epfd(m)\downarrow}{10} \right]} \quad \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}, \quad (19)$$

$epfd(m)\downarrow$ – максимальные уровни п.п.м. мешающего сигнала на земной станции ГСО от спутников НГСО из m -й системы НГСО. Это значение получается с использованием уравнения (15).

Отметим, что величина $Aggregate\ efd_{m\downarrow}$ в уравнении (19) представлена для эталонной полосы пропускания 1 Гц. Для получения значения $Aggregate\ efd_{m\downarrow}$ в эталонной полосе пропускания F кГц следует добавить величину $10 \log(1000F)$ (дБ).

Этап $U3m$:

$$Aggregate\ efd_{m\uparrow} = 10 \log \sum_{m=1}^M 10^{\left[\frac{efd(m)\uparrow}{10} \right]} \quad \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}, \quad (20)$$

$efd(m)\uparrow$ – максимальные уровни п.п.м. мешающего сигнала на космической станции ГСО от земных станций НГСО из m -й системы НГСО. Это значение получается с использованием уравнения (18).

Отметим, что агрегированная $efd_{m\uparrow}$ в уравнении (20) представлена для эталонной полосы пропускания 1 Гц. Для получения агрегированной $efd_{m\uparrow}$ для эталонной полосы пропускания F кГц следует добавить величину $10 \log(1000F)$ (дБ).

Приложение 3

Пример применения методики из Приложения 1 к этой Рекомендации для расчета наихудшего случая уровней помех, создаваемых НГСО системой ФСС типа ВЭО ГСО сетям ФСС в диапазоне частот 19/29 ГГц

1 Рассматриваемая система НГСО

В рассматриваемой здесь НГСО системе ФСС типа ВЭО предлагается использовать геосинхронные эллиптические орбиты, для того чтобы обеспечить большое угловое разнесение активных спутников от орбиты ГСО. Описанная далее система, называемая Система-1, обеспечивает фиксированную спутниковую связь малым земным станциям, например земным станциям с малой апертурой антенны (VSAT).

Система состоит из трех или четырех спутников, которые движутся по повторяющимся маршрутам. На рисунке 1 показана подспутниковая трасса Системы-1 на земле, дуги активной работы обозначены жирными линиями. Система разработана так, чтобы спутники были бы "активными" (т. е. передавали или принимали и ретранслировали сигналы радиосвязи) только на том участке орбиты, который близок к апогею, по которому спутник перемещается с наименьшей скоростью. "Активная дуга" для группировки появляется только тогда, когда спутники находятся на широте выше 30° с. ш. Следует отметить, что существуют моменты времени, когда в данной активной дуге находится два спутника (один в ее начале, второй – в конце), для того чтобы выполнить служебные операции и процедуры по передаче обслуживания. Такой дизайн системы приводит к тому, что активные спутники в любой момент времени отделены от линии прямой видимости с геостационарной орбиты как минимум на 30° . Таким образом, Система-1 достигает оптимальной комбинации очень больших углов места, малых задержек распространения сигнала по сравнению с геостационарными спутниками, ограниченного числа спутниковой передачи обслуживания высокого углового разнесения с ГСО орбитой.

2 Полосы частот

Предполагается, что Система-1 будет работать в участке спектра шириной 500 МГц диапазона частот 28,6–29,1 ГГц (Земля-космос) и в участке спектра шириной 500 МГц диапазона частот 18,8–19,3 ГГц (космос-Земля). Каждый спутник в системе создает в этих диапазонах канал связи прямой ретрансляции.

3 Ключевые параметры для расчета помех работе ГСО сетей ФСС в диапазонах частот 19/29 ГГц

Для рассматриваемой в данном примере НГСО системы ФСС типа ВЭО следующие параметры являются необходимыми для оценки помех ГСО сетям ФСС, работающим на совпадающей частоте:

Помехи от линии вниз ГСО сетям ФСС

- D1: Минимальное угловое разнесение активных передающих спутников НГСО от LoS между земной станцией ГСО и связанным с ней спутником ГСО (смотрите определение для θ_{D-min} в Приложении 1).
- D2: Максимальная п.п.м. на поверхности Земли, создаваемая передачами от каждого спутника ГСО в группировке (смотрите определение для $pf\hat{d}_{D-non-GSO-max}$ в Приложении 1).
- D3: Максимальное количество спутников НГСО, работающих на совпадающей частоте и передающих в направлении одного географического региона Земли. Требуется указать число таких спутников в функции от процента времени (смотрите определение для N_D в Приложении 1).
- D4: Предполагаемое внеосевое усиление приемной земной станции ГСО в направлении на активные НГСО спутники (смотрите определение для $G_{GSO-ES-max}$ в Приложении 1). Руководящие указания по этому поводу содержатся в Рекомендации МСЭ-R S.465.
- D5: Предполагаемая шумовая температура приемной системы в условиях чистого неба, включая шум приемной антенны, на линии вниз ГСО (смотрите определение для T_{GSO-ES} в Приложении 1). Для того чтобы действовать более осторожно, не следует учитывать ухудшения, создаваемые на всей линии в результате действия линии вверх.

Помехи от линии вверх ГСО сетям ФСС

- U1: Минимальное угловое разнесение орбиты ГСО от LoS между передающей земной станцией НГСО и связанным с ней спутником НГСО (смотрите определение для θ_{U-min} в Приложении 1).
- U2: Максимальная спектральная плотность внеосевой э.и.и.м. от передающей земной станции НГСО (смотрите определение для $e.i.r.p.-non-GSO-max$ в Приложении 1).
- U3: Максимальное количество передающих НГСО земных станций, работающих на совпадающей частоте в пределах географического региона Земли, передачи которых, вероятно, будут приниматься одним приемным лучом спутника ГСО (смотрите определение для N_U в Приложении 1).
- U4: Предполагаемое внеосевое усиление приемной антенны спутника ГСО (смотрите определение для $G_{GSO-SS-max}$ в Приложении 1).
- U5: Предполагаемая шумовая температура приемной системы в условиях чистого неба на линии вверх ГСО (смотрите определение для T_{GSO-SS} в Приложении 1). Для того чтобы действовать более осторожно, она не должна учитывать шум на линии вниз.

4 Расчет помех от линии вниз сетям ГСО

Для системы НГСО, рассматриваемой здесь (Система-1), значения ключевых параметров, требуемых для расчета помех, являются следующими:

- D1: Минимальное угловое разнесение активных передающих спутников НГСО от LoS между земной станцией ГСО и связанным с ней спутником ГСО никогда не может быть меньше, чем 30° .
- D2: Максимальная п.п.м. на поверхности Земли, создаваемая передачами от каждого спутника ГСО в группировке, не более чем -140 дБ(Вт/(м² · 4 ГГц)).

- D3: Максимальное количество спутников НГСО, работающих на совпадающей частоте, и передающих в направлении одного географического региона Земли, равно двум. Эта ситуация может возникать в течение очень коротких интервалов времени передачи обслуживания между "уходящим" и "восходящим" активными спутниками НГСО (обычно передача обслуживания длится 10 с каждые 8 или 6 часов в зависимости от числа спутников в спутниковой системе НГСО). Продолжительность 10 с составляет менее 0,05% времени.
- D4: Предполагаемое внеосевое усиление приемной земной станции ГСО в направлении на активные НГСО спутники соответствует Рекомендации МСЭ-R S.465.
- D5: Предполагаемая шумовая температура приемной системы в условиях чистого неба, включая шум приемной антенны, на линии вниз ГСО из осторожности принимается равной 500 К. Это соответствует довольно высокому качеству линии вниз, и не принимает во внимание никаких ухудшений, создаваемых на всей линии в результате действия линии вверх.

В таблице 1 приведен расчет наихудшего случая помех от линии вниз системы НГСО работе любой сети ГСО, работающей на совпадающей частоте, использующий вышеприведенные значения ключевых параметров.

ТАБЛИЦА 1

**Пример расчета наихудшего случая (кратковременных) помех от линии вниз
Системы-1 земной станции ГСО в диапазоне частот 19 ГГц**

Параметр	Единицы измерения	Значение
Максимальная п.п.м. спутника Системы-1 в полосе 4 кГц	дБ(Вт/(м ² · 4 кГц))	-140
Угловое разнесение с орбитой ГСО	градусы	30
Усиление приемника (Rx) земной станции ГСО в направлении на спутник Системы-1	дБи	-4,9
Частота	ГГц	19
Эффективная апертура приемника (Rx) земной станции ГСО в направлении на спутник Системы-1	дБ(м ²)	-52,0
Мощность мешающего сигнала на приемнике (Rx) земной станции ГСО в полосе 4 кГц	дБ(Вт/4 кГц)	-192,0
СПМ мешающего сигнала на приемнике (Rx) земной станции ГСО	дБ(Вт/Гц)	-228,0
Увеличение помех из-за двух одновременно видимых спутников Системы-1	дБ	3
СПМ мешающего сигнала на приемнике (Rx) земной станции ГСО (два спутника Системы-1)	дБ(Вт/Гц)	-225,0
Шумовая температура приемника (Rx) земной станции ГСО	К	300
СПМ шума на приемнике (Rx) земной станции ГСО	дБ(Вт/Гц)	-203,8
I_0/N_0 на входе приемника (Rx) земной станции ГСО (кратковременное значение)	дБ	-21,2
Ухудшение $\Delta T/T$ на приемнике (Rx) земной станции ГСО (кратковременное значение)	%	0,76

Анализ в таблице 1 начинается с максимальной п.п.м. на линии вниз спутника Системы-1, показанной в графе данных D2. Затем, зная, что минимальное угловое разнесение с орбитой ГСО = 30° (графа данных D1), внеосевое усиление антенны приемной земной станции ГСО, которое рассчитывается на основании Рекомендации МСЭ-R S.465 (графа данных D4), предполагается равным -4,9 дБи. Это усиление преобразуется в эффективную апертуру (дБ(м²)), используя соответствующую частоту приема 19 ГГц. Теперь, применяя эффективную апертуру, можно выполнить простой расчет мощности мешающего сигнала в полосе шириной 4 кГц, принимаемого от одного спутника Системы-1.

После допущения того, что одновременно видны два спутника Системы-1 (что является кратковременным значением для наихудшего случая), и перейдя на эталонную полосу пропускания 1 Гц, эта мощность суммарного мешающего сигнала сравнивается с мощностью шума приемника земной станции ГСО (берется из графы данных D5). Зная это, можно посчитать, что отношение мощностей помехи и шума I_0/N_0 составляет $-21,2$ дБ, которое также выражается в единицах эквивалентного ухудшения величины $\Delta T/T$ качественных показателей земной станции ГСО 0,76%.

В предыдущих разделах этого Приложения отмечалось, что вышеприведенный анализ даст в итоге завышенную оценку реальных помех, так как предполагается, что два мешающих спутника никогда не будут расположены с минимальным углом разнесения с местоположением данной земной станции ГСО.

5 Расчет помех от линии вверх сетям ГСО

Для НГСО системы – кандидата, рассматриваемой здесь (Система-1) значения ключевых параметров, требуемых для расчета помех, являются следующими:

- U1: Минимальное угловое разнесение орбиты ГСО от LoS между передающей земной станцией НГСО и связанным с ней спутником НГСО никогда не может быть меньше, чем 30° .
- U2: Максимальная спектральная плотность внеосевой э.и.и.м. от передающей земной станции НГСО вычисляется из максимальной входной СПМ (-21 дБ(Вт/4 кГц)) в условиях чистого неба и -11 дБ(Вт/4 кГц) при замираниях в дожде из-за применения на линии вверх регулировки мощности) и внеосевого усиления передающей земной станции НГСО в направлении дуги ГСО. Внеосевое усиление предполагается равным приведенному в Рекомендации МСЭ-R S.465.
- U3: Существует прямая взаимосвязь между максимальным количеством передающих НГСО земных станций, работающих на совпадающей частоте в пределах географического региона Земли, передачи которых, по всей вероятности, будут приниматься одним приемным лучом спутника ГСО, и предполагаемым максимальным усилением спутника ГСО (графа данных U4). Когда ширина приемного луча спутника ГСО меньше, чем ширина приемного луча спутника НГСО (измеренная на поверхности Земли), максимальное количество обычно равно одному. Только когда ширина приемного луча спутника ГСО больше, чем ширина луча спутника НГСО, появляется возможность существования нескольких излучений на совпадающей частоте от линий вверх передающих для НГСО. Однако в этом случае пиковое усиление приемного луча спутника ГСО уменьшится, что приведет к меньшей чувствительности на линии вверх и меньшим уровням помех НГСО на одну передающую земную станцию НГСО. Следовательно, вероятный сценарий для наихудшего случая – это точечный приемный луч ГСО с высоким усилением, ширина луча у которого (измеренная на поверхности Земли) значительно меньше, чем ширина приемного луча спутника НГСО. В этом расчете помех от линии вверх должна учитываться только одна передающая земная станция НГСО, работающая на совпадающей частоте, предполагается FDMA. Однако, для того чтобы рассмотреть ситуацию передачи обслуживания, анализ для наихудшего случая помех от линии вверх в действительности предполагает две таких ситуации.
- U4: Смотрите комментарии в графе данных U3 относительно предполагаемого усиления приемной антенны спутника ГСО в направлении земной станции Системы-1.
- U5: Предполагаемая шумовая температура приемной системы в условиях чистого неба на линии вверх ГСО из осторожности принимается равной 500 К. Это представляет собой спутниковый приемник довольно хорошего качества и из осторожности не учитывает никаких ухудшений, создаваемых на всей линии из-за работы линии вниз.

В таблице 2 приведен расчет наихудшего случая помех от линии вверх системы НГСО работе любой сети ГСО, работающей на совпадающей частоте, использующий вышеприведенные значения ключевых параметров.

Показано два столбца для расчета: один для условий чистого неба и один для дождя, где регулировка мощности на линии вверх обеспечивает максимально возможное увеличение мощности передачи для преодоления замираний в дожде. На самом деле расчет для чистого неба дает наиболее реалистичную оценку помех от станции, ведущей передачу на линии вверх, так как в условиях замираний в дожде, можно предположить, что на трассе распространения мешающего сигнала, также будут действовать замирания примерно такие же, что и на трассе полезного сигнала в Системе-1. Уровни помех, показанные для условий дождя, могут возникать, только если не будет замираний на LoS от передающей земной станции Системы-1 до спутника ГСО, в то время как LoS до спутника Системы-1 будет полностью поражен замираниями. Такие условия будут существовать чрезвычайно редко, и, даже если они когда-либо возникнут, их длительность будет очень маленькой.

ТАБЛИЦА 2

Пример расчета наихудшего случая помех от линии вверх от передающей земной станции Системы-1 спутниковому приемнику ГСО в диапазоне частот 29 ГГц

Параметр	Значение (чистое небо)	Значение (дождь)	Единицы измерения
Максимальная СПМ на антенне земной станции Системы-1 в полосе 4 кГц	-21	-11	дБ(Вт/4 кГц)
Угловое разнесение с орбитой ГСО	30	30	градусы
Усиление передатчика (Tx) земной станции Системы-1 в направлении на спутник ГСО	-4,9	-4,9	дБи
Спектральная плотность э.и.и.м. передатчика (Tx) земной станции Системы-1 в направлении на спутник ГСО в полосе 4 кГц	-25,9	-15,9	дБ(Вт/4 кГц)
п.п.м. на спутнике ГСО в полосе 4 кГц	-188,4	-178,4	дБ(Вт/(м ² · 4 кГц))
Частота	29	29	ГГц
Предполагаемое усиление приемника (Rx) спутника ГСО в направлении земной станции Системы-1	44	44	дБи
Эффективная апертура приемника (Rx) спутника ГСО в направлении земной станции Системы-1	-6,7	-6,7	дБ(м ²)
Мощность мешающего сигнала на приемнике (Rx) спутника ГСО в полосе 4 кГц	-195,1	-185,1	дБ(Вт/4 кГц)
СПМ мешающего сигнала на приемнике (Rx) спутника ГСО (одна земная станция Системы-1)	-231,1	-221,1	дБ(Вт/Гц)
СПМ мешающего сигнала на приемнике (Rx) спутника ГСО (две земные станции Системы-1)	-228,1	-218,1	дБ(Вт/Гц)
Шумовая температура приемника (Rx) спутника ГСО	500	500	К
СПМ шума на приемнике (Rx) спутника ГСО	-201,6	-201,6	дБ(Вт/Гц)
I_0/N_0 на входе приемника (Rx) спутника ГСО (кратковременное значение)	-26,5	-16,5	дБ
Ухудшение $\Delta T/T$ для приемника (Rx) спутника ГСО (кратковременное значение)	0,22	2,2	%

В таблице 2 методика расчета аналогична той, что использована для линии вниз (таблица 1) и описана выше с использованием граф данных U1–U5.

Как отмечено выше, значения $\Delta T/T$, полученные в ходе этого анализа, могут быть получены только в короткие промежутки времени (примерно 10 с каждые 8 или 6 часов в зависимости от числа спутников в спутниковой системе НГСО или менее 0,05% времени). Долгосрочные значения I_0/N_0 будут как минимум на 3 дБ ниже, так как земная станция НГСО будет передавать только на один спутник. Это снижение на 3 дБ приведет к получению значений $\Delta T/T = 0,22\%$ при чистом небе и 2,2% в ситуации с замираниями в дожде, когда используется регулировка мощности.

Приложение 4

Пример применения методики, описанной в Приложении 2 к этой Рекомендации для расчета наихудшего случая уровней помех, создаваемых НГСО системой ФСС типа ВЭО ГСО сетям ФСС в диапазонах частот 18/28 ГГц

1 Рассматриваемая система – кандидат НГСО

Предполагается, что рассматриваемая здесь НГСО система ФСС типа ВЭО использует геосинхронные эллиптические орбиты, для того чтобы обеспечить большое угловое разнесение активных спутников от орбиты ГСО. Описанная далее система, называемая Система-2, обеспечивает фиксированную спутниковую связь малым земным станциям, например терминалам VSAT.

Система состоит из трех или четырех спутников, которые движутся по повторяющимся маршрутам. На рисунке 1 показана подспутниковая трасса Системы-2 на земле, дуги активной работы обозначены жирными линиями. Система разработана так, чтобы спутники были бы "активными", т. е. передавали или принимали и ретранслировали сигналы радиосвязи, только на том участке орбиты, который близок к апогею, по которому спутник перемещается с наименьшей скоростью. "Активная дуга" для группировки появляется, только когда спутники находятся на широте выше 30° с.ш. Следует отметить, что существуют моменты времени, когда в данной активной дуге находится два спутника (один в ее начале, второй – в конце), для того чтобы выполнить служебные операции и процедуры по передаче обслуживания. Такой дизайн системы приводит к тому, что активные спутники в любой момент времени отделены от линии прямой видимости с геостационарной орбитой как минимум на 30° . Таким образом, Система-2 достигает оптимальной комбинации очень больших углов места, малых задержек распространения сигнала по сравнению с геостационарными спутниками, ограниченного числа спутниковой передачи обслуживания и высокого углового разнесения с ГСО орбитой.

2 Полосы частот

Предполагается, что Система-2 будет работать в диапазоне частот 28 ГГц (Земля-космос) и в диапазоне частот 18 ГГц (космос-Земля). Каждый спутник Системы-2 создает в этих диапазонах канал связи прямой ретрансляции.

3 Ключевые параметры для расчета помех ГСО сетям ФСС в диапазонах частот 18/28 ГГц

Для типа НГСО системы ФСС, рассматриваемого в данном примере, следующие параметры являются необходимыми для оценки помех ГСО сетям ФСС, работающим на совпадающей частоте:

Помехи от линии вниз ГСО сетям

- D1: Минимальное угловое разнесение активных передающих спутников НГСО от LoS между земной станцией ГСО и связанным с ней спутником ГСО (смотрите определение для θ_{D-min} в Приложении 2).
- D2: Максимальная п.п.м. на поверхности Земли, создаваемая передачами от каждого спутника ГСО в группировке (смотрите определение для $pf_{D-non-GSO-max}$ в Приложении 2).
- D3: Максимальное количество спутников НГСО, работающих на совпадающей частоте и передающих в направлении одного географического региона Земли, а также указание числа таких спутников в функции от процента времени (см. определение для N_D в Приложении 2).

- D4: Предполагаемое максимальное и внеосевое усиление антенны приемной земной станции ГСО (смотрите определение для $G_{GSO-ES-max}$ в Приложении 2). Руководящие указания по этому поводу содержатся в Рекомендации МСЭ-R S.465.

Помехи от линии вверх ГСО сетям

- U1: Минимальное угловое разнесение орбиты ГСО от LoS между передающей земной станцией НГСО и связанным с ней спутником НГСО (см. определение для θ_{U-min} в Приложении 2).
- U2: Максимальная спектральная плотность внеосевой э.и.м. от передающей земной станции НГСО (см. определение для $e.i.r.p.-non-GSO-max$ в Приложении 2).
- U3: Максимальное количество передающих земных станций НГСО, работающих на совпадающей частоте в пределах географического региона Земли, передачи которых, вероятно, будут приниматься одним приемным лучом спутника ГСО (см. определение для N_U в Приложении 2).
- U4: Предполагаемое максимальное и внеосевое усиление приемной антенны спутника ГСО (см. определение для $G_{GSO-SS-max}$ в Приложении 2).

4 Расчет помех от линии вниз сетям ГСО

Для системы НГСО – кандидата, рассматриваемой здесь (Система-2), значения ключевых параметров, требуемых для расчета помех, являются следующими:

- D1: Минимальное угловое разнесение активных передающих спутников НГСО от LoS между земной станцией ГСО и связанным с ней спутником ГСО никогда не может быть меньше, чем 30° .
- D2: Максимальная п.п.м. на поверхности Земли, создаваемая передачами от каждого спутника ГСО в группировке не более чем -140 дБ(Вт/(м² · 4 кГц)).
- D3: Максимальное количество спутников НГСО, работающих на совпадающей частоте и передающих в направлении одного географического региона Земли, равно двум. Эта ситуация может возникать в течение очень коротких интервалов времени передаче обслуживания между "уходящим" и "восходящим" активными спутниками НГСО (обычно передача обслуживания длится 10 с каждые 8 или 6 часов в зависимости от числа спутников в спутниковой системе НГСО). Продолжительность 10 с составляет менее 0,05% времен.
- D4: Предполагаемое максимальное и внеосевое усиление приемной земной станции ГСО соответствует Рекомендации МСЭ-R S.465.

Анализ в таблице 3 начинается с максимальной п.п.м. на линии вниз спутника Системы-2, показанной в графе данных D2. Затем, зная минимальное 30° угловое разнесение с орбитой ГСО (графа данных D1), внеосевое усиление антенны приемной земной станции ГСО, которое рассчитывается на основании Рекомендации МСЭ-R S.465 (графа данных D4) предполагается равным $-4,9$ дБи. Теперь, применяя максимальное и внеосевое усиление антенны, можно выполнить простой расчет $erfd_{\downarrow}$ уровней мешающего сигнала в полосе пропускания шириной 4 кГц, принимаемого от одного спутника Системы-2. После допущения того, что одновременно видны два спутника Системы-2 (что является кратковременным значением для наихудшего случая), и выполнив уточнения для эталонной полосы 40 кГц, можно получить уровни $erfd_{\downarrow}$ этого суммарного мешающего сигнала в полосе пропускания шириной 40 кГц.

В предыдущих разделах этого Приложения, отмечалось, что вышеприведенный анализ даст в итоге завышенную оценку реальных помех, так как предполагается, что два мешающих спутника никогда не будут расположены с минимальным углом разнесения с местоположением данной земной станции ГСО.

ТАБЛИЦА 3

**Пример расчета наихудшего случая (кратковременных) помех от линии вниз
Системы-2 земной станции ГСО в диапазоне частот 18 ГГц**

Параметр	Единицы измерения	Значение
Максимальная п.п.м. спутника Системы-2 в полосе 4 кГц	дБ(Вт/(м ² · 4 кГц))	-140
Угловое разнесение с орбитой ГСО	градусы	30
Частота	ГГц	18
Максимальное усиление приемника (Rx) земной станции ГСО (1 м)	дБи	43,3
Усиление приемника (Rx) земной станции ГСО в направлении на спутник Системы-2	дБи	-4,9
Уровни $erfd_{\downarrow}$ мешающего сигнала для приемника (Rx) земной станции ГСО в полосе 4 кГц	дБ(Вт/(м ² · 4 кГц))	-188,2
Уровни $erfd_{\downarrow}$ мешающего сигнала для приемника (Rx) земной станции ГСО в полосе 40 кГц	дБ(Вт/(м ² · 40 кГц))	-178,2
Увеличение помех из-за двух одновременно видимых спутников Системы-2	дБ	3
Уровни $erfd_{\downarrow}$ мешающего сигнала для приемника (Rx) земной станции ГСО в полосе 40 кГц (2 спутника Система-2)	дБ(Вт/(м ² · 40 кГц))	-175,2

5 Расчет помех от линии вверх работе ГСО сети ФСС

Для системы НГСО, рассматриваемой здесь (Система-2) значения ключевых параметров, требуемых для расчета помех, являются следующими:

- U1: Минимальное угловое разнесение орбиты ГСО от LoS между передающей земной станцией НГСО и связанным с ней спутником НГСО никогда не может быть меньше чем 30°.
- U2: Максимальная спектральная плотность внеосевой э.и.и.м. от передающей земной станции НГСО вычисляется из максимальной входной СПМ (-21 дБ(Вт/4 кГц)) в условиях чистого неба и (-11 дБ(Вт/4 кГц)) при замираниях в дожде из-за применения на линии вверх регулировки мощности) и внеосевого усиления передающей земной станции НГСО в направлении дуги ГСО. Внеосевое усиление предполагается равным приведенному в Рекомендации МСЭ-R S.465.
- U3: Существует прямая взаимосвязь между максимальным количеством передающих НГСО земных станций, работающих на совпадающей частоте в пределах географического региона Земли, передачи которых, по всей вероятности, будут приниматься одним приемным лучом спутника ГСО, и предполагаемым усилением спутника в направлении на земную станцию Системы-2 (графа данных U4). Когда ширина приемного луча спутника ГСО меньше, чем ширина приемного луча спутника НГСО (измеренная на поверхности Земли), максимальное количество обычно равно одному. Только когда ширина приемного луча спутника ГСО больше, чем ширина луча спутника НГСО появляется возможность существования нескольких излучений на совпадающей частоте от линий вверх передающих для НГСО. Однако в этом случае пиковое усиление приемного луча спутника ГСО уменьшится, что приведет к меньшей чувствительности на линии вверх и меньшим уровням помех НГСО на одну передающую земную станцию НГСО. Следовательно, вероятный сценарий для наихудшего случая – это точечный приемный луч ГСО с высоким усилением, ширина луча у которого (измеренная на поверхности Земли) значительно меньше, чем ширина приемного луча спутника НГСО. В этом расчете должны учитываться помехи от линии вверх только одной передающей земной станции НГСО, работающей на совпадающей частоте, т. е. предполагается FDMA. Однако, для того чтобы рассмотреть ситуацию передачи обслуживания, анализ для наихудшего случая помех от линии вверх в действительности предполагает две таких станции.

U4: Смотрите комментарии в графе данных U3 относительно предполагаемого усиления приемной антенны спутника ГСО в направлении на земную станцию Системы-2. Также нужны данные о максимальном усилении приемной антенны спутника ГСО. Для того чтобы действовать более осторожно в расчете помехи от линии вверх расчет это максимальное усиление антенны предполагается равным усилению в направлении на земную станцию Системы-2.

В таблице 4 приведен расчет наихудшего случая помех от линии вверх системы НГСО работе любой сети ГСО, работающей на совпадающей частоте, использующий вышеприведенные значения ключевых параметров. В таблице имеется два столбца для расчета: один для условий чистого неба и один – для дождя, где регулировка мощности на линии вверх обеспечивает максимально возможное увеличение мощности передачи для преодоления замираний в дожде. На самом деле расчет для чистого неба дает наиболее реалистичную оценку помех от станции, ведущей передачу на линии вверх, так как в условиях замираний в дожде, можно предположить, что на трассе распространения мешающего сигнала, также будут действовать замирания примерно такие же, что и на трассе полезного сигнала в Системе-2. Уровни помех, показанные для условий дождя, могут возникать, только если не будет замираний на LoS от передающей земной станции Системы-2 до спутника ГСО, в то время как LoS до спутника Системы-2 будет полностью поражен замираниями. Такие условия будут существовать чрезвычайно редко, и, даже если они когда-либо возникнут, их длительность будет очень маленькой.

ТАБЛИЦА 4

Пример расчета наихудшего случая помех от линии вверх от передающей земной станции Системы-2 спутниковому приемнику ГСО в диапазоне частот 28 ГГц

Параметр	Значение (чистое небо)	Значение (дождь)	Единицы измерения
Максимальная СПМ на антенне земной станции Системы-2 в полосе 4 кГц	-21	-11	дБ(Вт/4 кГц)
Угловое разнесение с орбитой ГСО	30	30	градусы
Усиление передатчика (Tx) земной станции Системы-2 в направлении на спутник ГСО	-4,9	-4,9	дБи
Спектральная плотность э.и.и.м. передатчика (Tx) земной станции Системы-2 в направлении на спутник ГСО в полосе 4 кГц	-25,9	-15,9	дБ(Вт/4 кГц)
п.п.м. на спутнике ГСО в полосе 4 кГц	-188,4	-178,4	дБ(Вт/(м ² · 4 кГц))
Частота	28	28	ГГц
Предполагаемое усиление приемника (Rx) спутника ГСО в направлении на земную станцию Системы-2	44	44	дБи
Максимальное усиление спутника ГСО	44	44	дБи
Уровни $erfd_{\uparrow}$ мешающего сигнала на приемнике (Rx) спутника ГСО в полосе 4 кГц	-188,4	-178,4	дБ(Вт/(м ² · 4 кГц))
Уровни $erfd_{\uparrow}$ мешающего сигнала на приемнике (Rx) спутника ГСО в полосе 40 кГц одна земная станция Системы-2)	-178,4	-168,4	дБ(Вт/(м ² · 40 кГц))
Уровни $erfd_{\uparrow}$ мешающего сигнала на Rx спутника ГСО в полосе 40 кГц (две земные станции Системы-2)	-175,4	-165,4	дБ(Вт/(м ² · 40 кГц))

В таблице 4 методика расчета аналогична той, что использована для линии вниз (таблица 3) и описана выше, с использованием граф данных U1–U4.

Как отмечено выше, уровни $erfd_{\uparrow}$, полученные в ходе этого анализа, могут быть получены только в короткие промежутки времени (примерно 10 с каждые 8 или 6 часов в зависимости от числа спутников в спутниковой системе НГСО, или менее 0,05% времени). Долгосрочные значения уровней $erfd_{\uparrow}$ будут как минимум на 3 дБ ниже, так как земная станция НГСО будет передавать только на один спутник.