

# МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

## Рекомендация МСЭ-R М.1472-1 (01/2010)

**Методика оценки влияния помех со стороны передач в направлении космос-Земля подвижной спутниковой службы (ПСС) с использованием многостанционного доступа с временным разделением каналов/многостанционного доступа с частотным разделением каналов (МДВР/МДЧР) на характеристики группового сигнала аналоговых приемников с мультиплексированием с разделением по частоте – частотной модуляцией (FDM-FM) на линиях прямой видимости (LoS) в диапазоне частот 1–3 ГГц**

**Серия М**

**Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая 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 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
<b>M</b>	<b>Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы</b>
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, 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 М.1472-1\*

**Методика оценки влияния помех со стороны передач в направлении космос-Земля подвижной спутниковой службы (ПСС) с использованием многостанционного доступа с временным разделением каналов/ многостанционного доступа с частотным разделением каналов (МДВР/МДЧР) на характеристики группового сигнала аналоговых приемников с мультиплексированием с разделением по частоте – частотной модуляцией (FDM-FM) на линиях прямой видимости (LoS) в диапазоне частот 1–3 ГГц**

(Вопросы МСЭ-R 201/4 и МСЭ-R 118/5)

(2000-2010)

### Сфера применения

Настоящая Рекомендация содержит методику оценки влияния помех со стороны передач в направлении космос-Земля подвижной спутниковой службы (ПСС) с использованием (МДВР/МДЧР) на характеристики группового сигнала аналоговых приемников с мультиплексированием с разделением по частоте и частотной модуляцией (FDM-FM) на линиях прямой видимости (LoS) в диапазоне частот 1–3 ГГц. Эта методика также может применяться для подробной координации ПСС/ФС с целью дальнейшего прояснения результатов, полученных при помощи реализации методов, описанных в Рекомендации МСЭ-R М.1319.

Ассамблея радиосвязи Международного союза электросвязи (МСЭ),

*учитывая,*

- a) что полоса частот 1518–1525 МГц во всех Районах распределена подвижной спутниковой службе (ПСС) (космос-Земля) и фиксированной службе (ФС) на равной первичной основе;
- b) что полоса частот 1525–1559 МГц также распределена ПСС (космос-Земля) на первичной основе во всех Районах;
- c) что в некоторых странах полоса частот 1525–1530 МГц также распределена фиксированной службе на первичной основе в Районах 1 и 3, а полоса частот 1550–1559 МГц также распределена фиксированной службе на равной первичной основе;
- d) что полосы частот 2170–2200 МГц во всех Районах и 2160–2170 МГц в Районе 2 распределены ПСС (космос-Земля) и фиксированной службе на равной первичной основе;
- e) что передачи от подвижных спутников могут создавать помехи приемникам на линии прямой видимости (LoS), работающих в данных полосах;
- f) что эти помехи включают в себя изменяющиеся во времени явления, например, геометрия помех, условия распространения и трафик ПСС;
- g) что компьютерное моделирование обычно является единственным способом точной оценки этих помех;
- h) что выходные данные таких моделирований обычно имеют вид статистических данных  $C/I$ ,  $C/N$  и  $C/(N + I)$  для конкретных систем фиксированной службы;

---

\* Это совместная Рекомендация 4-й и 5-й Исследовательских комиссий по радиосвязи, и любой ее пересмотр должен выполняться совместно.



j) что влияние и приемлемость таких помех в большинстве случаев могут рассматриваться в ходе подробной двусторонней координации путем изучения при помощи компьютерного моделирования статистических радиочастотных данных  $C/N$ ,  $C/I$  и  $C/(N+I)$ , как описано в Рекомендации МСЭ-R М.1319;

к) что в некоторых критических случаях во время двусторонней координации может потребоваться исследовать при помощи компьютерного моделирования влияние помех на требуемые характеристики группового сигнала аналоговой фиксированной службы FDM-FM,

*рекомендует,*

1 чтобы в ходе подробной двусторонней координации между заинтересованными сторонами по подробному рассмотрению влияния помех от спутников ПСС МДВР/МДЧР в распределенных полосах 1–3 ГГц на характеристики группового сигнала в приемниках FDM-FM на LoS аналоговой фиксированной службы в случаях, когда результаты получены при помощи методов, описанных в Рекомендации МСЭ-R М.1319, требуют дальнейшего уточнения (см. Примечания 1, 2 и 3) применялись методы, представленные в Приложении 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Применение описанных в данной Рекомендации методов потребует создания алгоритмов или вычислительных процедур для реализации описанных предположений. Применение или адаптация этих алгоритмов или процедур в ходе любой двусторонней координации будет предметом соглашения между заинтересованными сторонами.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В странах, где эксплуатируется большое количество систем фиксированной службы, может быть достаточно применять этот анализ к соответствующему набору существующих систем фиксированной службы, используя фактические параметры фиксированной службы, особенно принимая во внимание те системы фиксированной службы, которые, скорее всего, будут наиболее чувствительны к помехам. Наиболее чувствительными системами фиксированной службы обычно являются системы, ориентированные на азимутальное направление худшего случая; это направление можно определить на основе орбитальных характеристик системы ПСС. Однако этот вопрос потребует соглашения между заинтересованными сторонами.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В случае систем ПСС на геостационарной орбите (ГСО) расчеты существенно упрощены, так как нет необходимости моделировать орбитальную механику группировки ПСС, однако при оценке влияния помех может потребоваться принять во внимание возможность помех от множества спутников ПСС ГСО.

## Приложение 1

### **Методы оценки влияния помех со стороны систем ПСС МДВР/МДЧР на характеристики группового сигнала в аналоговых приемниках на линиях прямой видимости фиксированной службы FDM-FM, работающих в полосе частот 1–3 ГГц**

#### **1 Введение**

Совместное использование ПСС и фиксированной службы затрагивает такие изменяющиеся во времени явления, как геометрия помехи, условия распространения и т. д. Обычно единственным способом точно оценить помехи между системами ПСС и системами фиксированной службы является моделирование. Как правило, результат таких моделирований представляется в виде статистических данных отношений  $C/I$ ,  $C/N$  и  $C/(N+I)$  по радиочастоте, обычно предоставленных в виде интегральной функции распределения.

В Рекомендации МСЭ-R М.1319 представлена методика, в соответствии с которой, среди прочего, характеристики групповых объектов аналоговой системы FDM-FM и телевизионных ЧМ систем фиксированной службы, представленных в Рекомендациях МСЭ-R F.3931 и МСЭ-R F.5552, можно перевести в эквивалентные радиочастотные требования по  $C/(N + I)$  для соответствующего процента времени с применением при необходимости масштабирования для рассмотрения фактических трасс фиксированной службы более короткой длины, чем эталонные. Эти эквивалентные радиочастотные характеристики объектов отображаются на схемах интегрального распределения  $C/(N + I)$ , для того чтобы определить, являются ли помехи от спутников ПСС приемлемыми.

Несмотря на то что метод, описанный в Рекомендации МСЭ-R М.1319 требует расширенного компьютерного моделирования, он является относительно простым для программной реализации, поскольку все вычисления и сравнения проводятся в радиочастотной области. Методику, предложенную в Рекомендации МСЭ-R М.1319, следует использовать на этапе детальной координации между администрациями, когда координация формально требуется и начинается на основе применения Регламента радиосвязи (РР), для того чтобы определить, являются ли помехи приемлемыми или не учитываемыми в контексте фактической информации о системе фиксированной службы и соответствующих требуемых МСЭ-R характеристик и готовности.

В некоторых случаях в ходе этапа двусторонней координации это может стать необходимым для заинтересованных сторон в целях дальнейшего изучения влияния помех от ПСС на требуемые характеристики аналоговых систем фиксированной службы. Это мог бы быть случай, когда результаты моделирования, взятого из метода, описанного в Рекомендации МСЭ-R М.1319, не будут достаточно определенными для вынесения окончательного заключения о координации использования частот.

Цель данного приложения – представить методики для более точной оценки ухудшения характеристик в полосе видеосигнала на базе статистических данных значений  $C/I$  и  $C/N$  для фиксированных телевизионных аналоговых каналов ТВ-ЧМ с учетом влияния различного частотного разнеса, который будет существовать для множества мешающих несущих МДВР/МДЧР, и признавая, что коэффициент снижения помех или коэффициент  $B$ , а также требования к защитным отношениям, изложенные в Рекомендации МСЭ-R SF.766, свидетельствуют о сильной зависимости характеристик от частотного разнеса между несущими полезного и мешающего сигналов.

Представленная в настоящем приложении методика обязательно использует более сложные инструменты компьютерного моделирования, чем описанные в Рекомендации МСЭ-R М.1319, а для ее выполнения, как ожидается, потребуется гораздо больше компьютерных ресурсов.

## 2 Методы для систем FDM-FM фиксированной службы

### 2.1 Эталонная система FDM-FM фиксированной службы для моделирования

На этапе детальной координации ожидается, что будут известны фактические параметры трассы аналоговых сигналов фиксированной службы, для того чтобы оценить влияние помех от ПСС. Отметим, что в диапазоне частот 1–3 ГГц промежуточные станции фиксированной службы в части модема фиксированной службы, обычно оснащены IF-ретрансляторами. Демодуляция группового сигнала имеет место только на оконечной станции. Поскольку на промежуточных ретрансляторах демодуляция группового сигнала не осуществляется, необходимо рассчитать только групповую помеху, оказываемую на последний/оконечный ретранслятор в фактическом направлении работы фиксированной службы.

---

<sup>1</sup> Рекомендация МСЭ-R F.393 отменена в 2007 году. Однако некоторые системы фиксированной службы, для которых данная Рекомендация была бы применима, могут продолжать существовать.

<sup>2</sup> Рекомендация МСЭ-R F.555 отменена в 2007 году. Однако некоторые системы фиксированной службы, для которых данная Рекомендация была бы применима, могут продолжать существовать.

В соответствии с Рекомендацией МСЭ-R F.393, максимально допустимые значения мощности шума в точке нулевого относительного уровня в любом телефонном канале гипотетического эталонного канала длиной 2500 км для радиорелейных систем FDM не должны превышать приведенных ниже значений, которые были выбраны так, чтобы учитывать неблагоприятные условия распространения:

- 7500 pW<sub>0p</sub>, психофотметрически взвешенная мощность, усредненная за одну минуту, для более 20% времени любого месяца;
- 47 500 pW<sub>0p</sub>, психофотметрически взвешенная мощность, усредненная за одну минуту, для более 0,1% времени любого месяца;
- 1 000 000 pW<sub>0</sub>, невзвешенная (со временем интегрирования 5 мс) для более 0,01% времени любого месяца.

## 2.2 Оценка статистических данных помех в групповой полосе и теплового шума

### 2.2.1 Общее описание

Влияние помех от систем ПСС, использующих схемы доступа с узкополосной модуляцией на телефонный канал группового сигнала FDM-FM можно оценить следующим образом.

Используя методы моделирования, описанные в Рекомендации МСЭ-R М.1319, в каждый интервал времени в процессе моделирования для каждого приемника фиксированной службы на трассе сигнала фиксированной службы, можно оценить значения  $C/I$  и  $C/N$ , где уровни  $C/I$  сейчас рассчитываются с учетом каждой индивидуальной несущей МДВР/МДЧР ПСС в пределах полосы частот приемника фиксированной службы FDM-FM.

Мощность радиочастотных помех в  $k$ -ом приемнике можно выразить в показателях  $k$  уравнения (1) из Приложения 1 к Рекомендации МСЭ-R М.1143. Полученная мощность несущей в  $k$ -ом приемнике учитывает потери из-за многолучевых замираний в  $k$ -ом пролете трассы радиорелейной линии.

Так как каждой узкополосной несущей ПСС в каждый интервал времени значение  $C/I$  известно, следующий этап будет состоять в преобразовании значения  $C/I$  в мощность шума в групповой полосе. Этот метод вычисления мощности шумовых помех в групповой полосе основан на Рекомендации МСЭ-R SF.766. Коэффициент уменьшения помех  $B$  (дБ) выражается следующим образом:

$$B = 10 \log \frac{2(\delta f)^2 p(f/f_m)}{bf^2 D(f, f_0)}, \quad (1)$$

$$D(f, f_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} S(F) P_1(f + f_0 - F) dF + \int_{-\infty}^{+\infty} S(F) P_1(f - f_0 - F) dF + S(f + f_0) P_{10} + S(f - f_0) P_{10} + S_0 P_1(f + f_0) + S_0 P_1(f - f_0) + \frac{S_0 P_{10}}{b} \delta(f - f_0), \quad (2)$$

$$P_1(f) = P(f) A^2(f), \quad (3)$$

$$P_{10} = P_0 A^2(0), \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \delta(f - f_0) &= 1, & \text{когда } f &= f_0 \\ \delta(f - f_0) &= 0, & \text{когда } f &\neq f_0 \end{aligned} \quad (4a)$$

где:

- $\delta f$ : среднеквадратичное отклонение тона в испытаниях (без предсказаний) полезного сигнала (кГц);
- $f$ : центральная частота рассматриваемого канала в пределах группового сигнала полезного сигнала (кГц);

- $f_m$ : верхняя частота группового полезного сигнала (кГц);  
 $p(f/f_m)$ : коэффициент предискажений для центральной частоты рассматриваемого канала в пределах группового полезного сигнала;  
 $b$ : ширина полосы телефонного канала (3,1 кГц);  
 $f_0$ : разделение между несущими полезного сигнала и мешающего сигнала (кГц);  
 $S(f)$ : непрерывная часть нормализованной спектральной плотности мощности полезного сигнала с предискажениями (Гц<sup>-1</sup>);  
 $S_0$ : нормализованная остаточная мощность несущей полезного сигнала;  
 $P(f)$ : непрерывная часть нормализованной спектральной плотности мощности мешающего сигнала (Гц<sup>-1</sup>);  
 $P_0$ : нормализованная остаточная мощность несущей мешающего сигнала;  
 $A(f)$ : амплитудно-частотная характеристика приемного фильтра полезного сигнала, источником частот является центральная частота несущей мешающего сигнала.

Спектральная плотность мощности нормализована до общего значения и подразумевается, что она существует только на одной стороне (только положительные частоты).

Выражение  $N_p$  в показателях отношения  $C/I$  происходит из уравнений (5) и (6). Для того что определить  $N_p$ , необходимо определить:

- спектр полезного сигнала аналоговой телефонии;
- спектр мешающего сигнала.

Взвешенная мощность помех ( $N_p$ ) рассчитывается как невзвешенная мощность в полосе шириной 1,75 кГц, что дает:

$$N_p = 10^{0,1(87,5-B-C/I)}, \quad (5)$$

где  $C/I$  – это отношение несущая/помеха (дБ).

Вычисление коэффициента уменьшения помех включает в себя конволюцию спектров полезного и мешающего сигналов. Спектры мощности радиорелейных систем фиксированной службы с разной пропускной способностью каналов приведены в Рекомендации МСЭ-R SF.766. После того как получено уравнение для коэффициента уменьшения помех или его значение, вычисление шума в групповой полосе становится достаточно простым.

Уровни теплового шума в групповой полосе в каждом приемнике фиксированной службы можно рассчитать из оценки  $C/N$  в каждый интервал времени и при помощи стандартных значений для отношений  $C/N$  и  $S/N$  в групповой полосе, применимых в системах фиксированной службы FDM-FM.

Общий шум в групповой полосе на окончании рассматриваемой радиорелейной трассы в каждый интервал времени можно вычислить как:

$$(I+N)_{BB} = \sum_k (N_{pk} + N_{Tk} + N_{Ik} L_{MPk}) + N_{other}, \quad (6)$$

где:

- $(I+N)_{BB}$ : общий шум в групповой полосе рассматриваемого маршрута фиксированной службы (ФС) (пВт);  
 $N_{pk}$ : взвешенная мощность помех для  $k$ -го приемника из уравнения (5);  
 $N_{Tk}$ : тепловой шум на входе  $k$ -го приемника;  
 $N_{Ik}$ : предполагаемый шум помех между службами в  $k$ -ом приемнике;  
 $L_{MPk}$ : потери из-за многолучевых замираний для  $k$ -го пролета;

$N_{other}$ : шум в системе группового сигнала из всех источников. (Для аналоговых радиорелейных систем FM, используемых в телефонии, необходимо, чтобы коэффициенты учитывали интермодуляционный шум и искажения и вклады таких системных компонентов, как мультиплексоры/демультиплексоры и линии подачи сигнала).

Следует отметить, что все три показателя в уравнении (6) масштабируются с учетом потерь из-за многолучевых замираний в  $k$ -ом пролете, хотя  $N_{pk}$  и  $N_{Tk}$  уже принимают во внимание автоматического масштабирования регулировки усиления.

Статистические данные общего шума в групповой полосе можно получить из оценок общего шума в групповой полосе в каждый интервал времени.

### 2.2.2 Особые методы

Вычисление совокупного шума помех и мощности теплового шума в данном, обычно, верхнем, телефонном канале в системе FDM-FM включает в себя следующие шаги:

*Шаг 1:* Вычисление  $C$  для каждого интервала времени на каждой приемной станции фиксированной службы с многолучевыми замираниями, учитывающимися на данном конкретном пролете. Многолучевые замирания учитываются при помощи случайного предсказателя глубины замираний, выходная мощность которого соответствует статистическому распределению, полученному из модели многолучевых замираний из Рекомендации МСЭ-R P.530.

*Шаг 2:* Вычисление  $I$  для каждого интервала времени на каждой приемной станции фиксированной службы под действием каждой мешающей несущей МДВР/МДЧР ПСС от каждого узконаправленного луча каждого видимого спутника ПСС, принимая во внимание узконаправленный луч ПСС, развязку приемной антенны фиксированной службы, а также мощность/объем трафика в узконаправленном луче спутника ПСС и частотные планы.

*Шаг 3:* Вычисление  $C/I$  для каждого интервала времени, из-за действия каждой мешающей несущей МДВР/МДЧР ПСС из каждого узконаправленного луча каждого видимого спутника ПСС и  $C/N$  на каждой приемной станции фиксированной службы.

*Шаг 4:* Вычисление совокупных отношений  $C/I$  и  $C/N$  для каждого интервала времени для системы фиксированной службы.

*Шаг 5:* Вычисление для каждого интервала времени на оконечной приемной станции фиксированной службы коэффициента уменьшения помех в групповом сигнале или коэффициента  $B$  для разных интервалов сдвига частот по уравнению (1) и мощности шума помех в групповом сигнале по уравнению (5) на основе оценки  $C/I$  по несущим, принимая во внимание распределенную полосу частот узкополосной мешающей несущей МДВР ПСС. Для получения значений коэффициента  $B$  для разных сдвигов частот можно использовать справочную таблицу.

*Шаг 6:* Вычисление для каждого интервала времени на оконечной приемной станции фиксированной службы теплового шума в групповом сигнале на основе оценок  $C/N$  при помощи применимого преобразования  $C/N$  в  $S/N$  для данной системы FDM-FM фиксированной службы.

*Шаг 7:* Вычисление для каждого интервала времени на оконечной приемной станции фиксированной службы суммы совокупных общих помех в групповом сигнале от каждой из множества мешающих несущих МДВР/МДЧР ПСС и мощности теплового шума в верхнем канале группового сигнала.

*Шаг 8:* Приведенные выше шаги повторяются для каждого интервала времени в течение статистически репрезентативного периода, соответствующего полному или эквивалентному орбитальному периоду спутниковой группировки ПСС и соответствующего периода для характеристик многолучевых замираний.

*Шаг 9:* Наконец, распределение вероятности общего шума в групповом сигнале рассчитано и нанесено на график. Теперь его можно сравнить с целевыми параметрами из Рекомендации МСЭ-R F.393, которые соответствующим образом распределены.

## 3 Пример

В Дополнении 1 приведен пример применения описанного выше метода.



## Дополнение 1 к Приложению 1

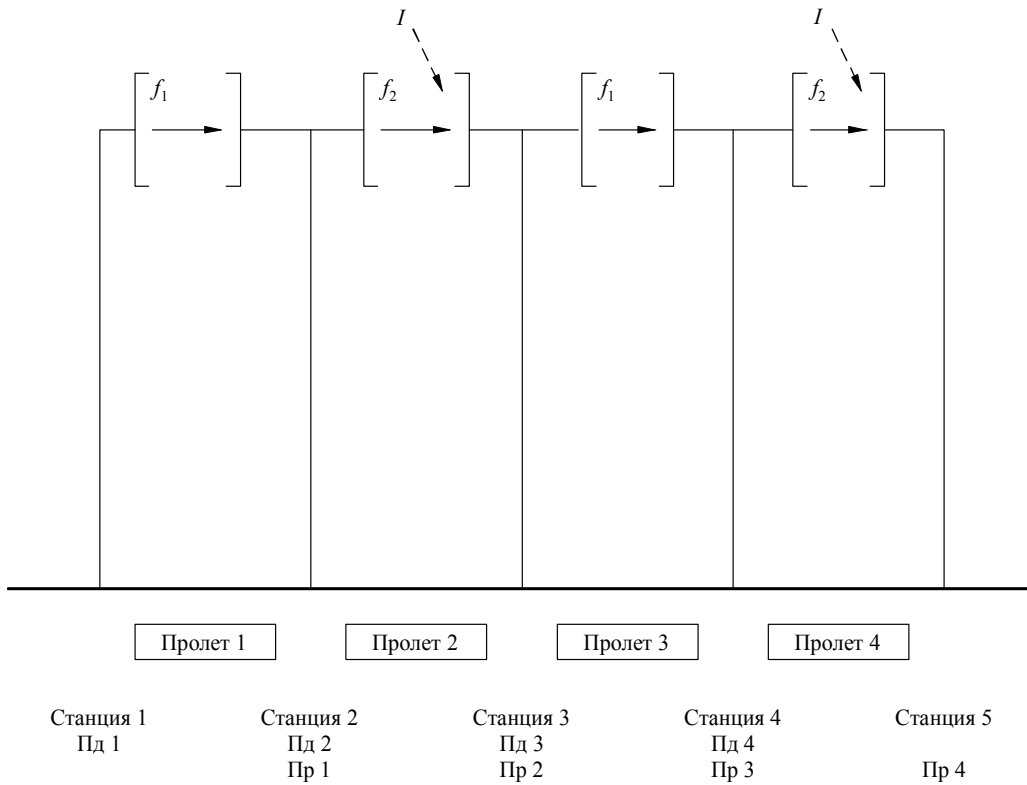
### Пример применения методики для расчета узкополосных помех от низкоорбитальной системы LEO-F 4-пролетным 960-канальным радиорелейным системам FDM-FM

#### 1 Введение

В данном Дополнении описанная в Приложении 1 методика применяется для расчетов узкополосных помех и теплового шума от низкоорбитальной системы LEO-F, создаваемых на входе 4-пролетной 960-канальной радиорелейной системы, работающей в полосе 2 ГГц (см. рисунок 1).

РИСУНОК 1

План радиорелейной системы прямой видимости

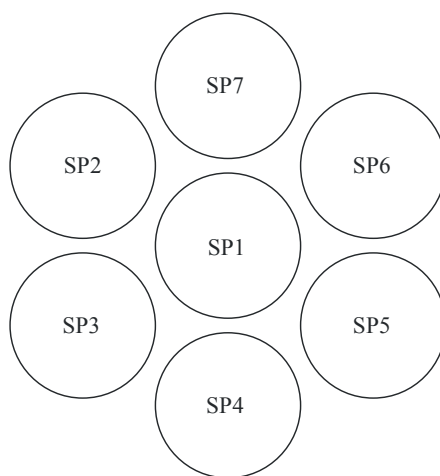


## 2 Частотные планы низкоорбитальной системы LEO-F и радиорелейной системы FDM-FM

Рассматривалась система с 7 сотами и повторным использованием частот. Предполагалось, что использовались шесть узконаправленных лучей (SP2, SP3, SP4, SP5, SP6 и SP7) с полосой пропускания 3 МГц каждый и 1 узконаправленный луч (SP1) с полосой пропускания 2 МГц. для моделирования системы FDM-FM предполагается использование диапазона частот 2181–2189 МГц (см. рисунок 2). Центральная частота канала FDM-FM предполагается равной 2185 МГц с полосой пропускания 20 МГц.

РИСУНОК 2

Частотный план узконаправленных лучей  
низкоорбитальной системы LEO-F и 960-канальной системы FDM-FM



SP2	SP3	SP4	SP1	SP5	SP6	SP7
2 181	2 182	2 183	2 184	2 186	2 187	2 188
2 189 МГц						

1472-02

## 3 Параметры передачи системы FDM-FM фиксированной службы

В Рекомендации МСЭ-R F.1245 использовалась диаграмма направленности с коэффициентом внеосевого усиления антенны фиксированной службы. Параметры системы FDM-FM приведены в таблице 1. Спектр нормализованной мощности для 960-канальной системы фиксированной связи был взят из графиков, приведенных в Рекомендации МСЭ-R SF.766 (см. рисунок 3а). Предполагалось, что для узкополосной несущей МДВР QPSK используется шаблон  $(\sin x/x)^2$  (см. рисунок 3б). Конкретные данные о станциях станции и частоты передачи систем фиксированной службы FDM-FM, которые использовались при моделировании, приведены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 1  
**Параметры системы FDM-FM**

Параметр	960-канальная система фиксированной службы
Ширина радиочастотной полосы (МГц)	20
Верхняя частота группового сигнала (кГц)	4 028
Нижняя частота группового сигнала (кГц)	60
Среднеквадратичное отклонение тональной частоты при испытаниях (кГц)	200
Коэффициент загрузки	5,5
Среднеквадратичное многоканальное отклонение (кГц)	1 100
Коэффициент многоканальной модуляции	0,273
Нормализованная остаточная несущая (дБ)	-9,21
Усиление антенны приемника LoS (дБи) (диаметр 3,7 м)	34
Потери в фидере мультиплексора (дБ)	3
Максимальный уровень выходной мощности передатчика (дБВт)	7
Номинальный уровень входной мощности приемника (дБВт)	-64
Коэффициент шума приемника <sup>(1)</sup> (дБ)	10

<sup>(1)</sup> Так как в вычислениях в примере использовался коэффициент шума 10 дБ, наиболее отражающим значением для коэффициента шума в данном диапазоне частот будет 8 дБ.

ТАБЛИЦА 2  
**Подробности о станции и частоте несущей для системы S FDM-FM**

Станция (STN)	Широта	Долгота	Длина пролета (км)	Частота передатчика (МГц)	Частота приемника (МГц)
STN 1	29,66° с. ш.	122,50° в. д.	48,5	2 166	–
STN 2	29,94° с. ш.	122,12° в. д.	48,4	2 185	2 166
STN 3	30,22° с. ш.	121,73° в. д.	48,4	2 166	2 185
STN 4	30,50° с. ш.	121,35° в. д.	48,3	2 185	2 166
STN 5	30,78° с. ш.	120,96° в. д.	–	–	2 185

Направление худшего азимута: 49,9° приемника 4.

РИСУНОК 3а

Спектр нормализованной мощности 960-канальной несущей FDM-FM

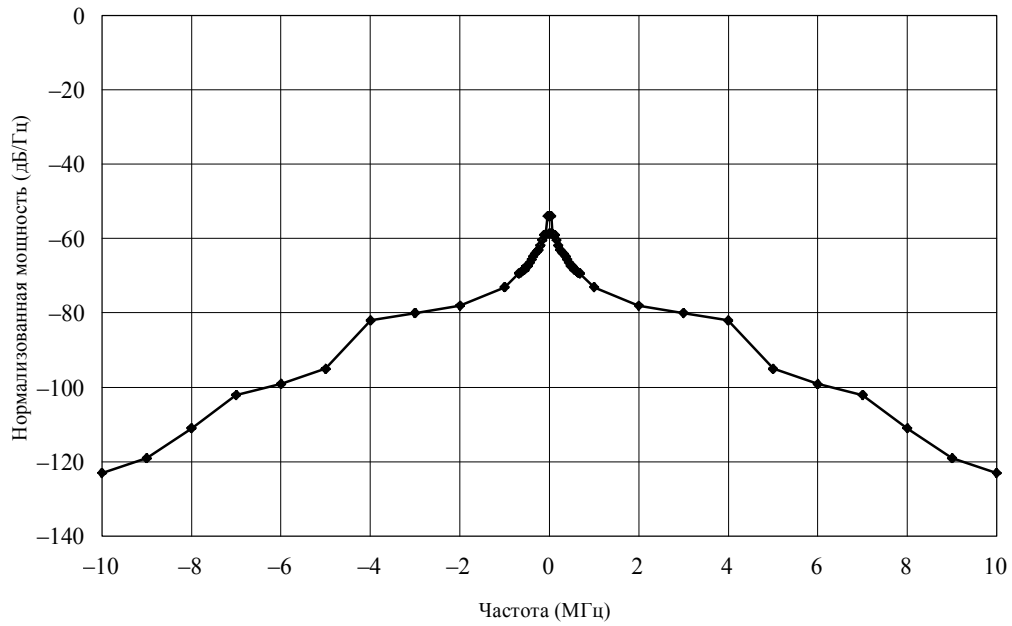
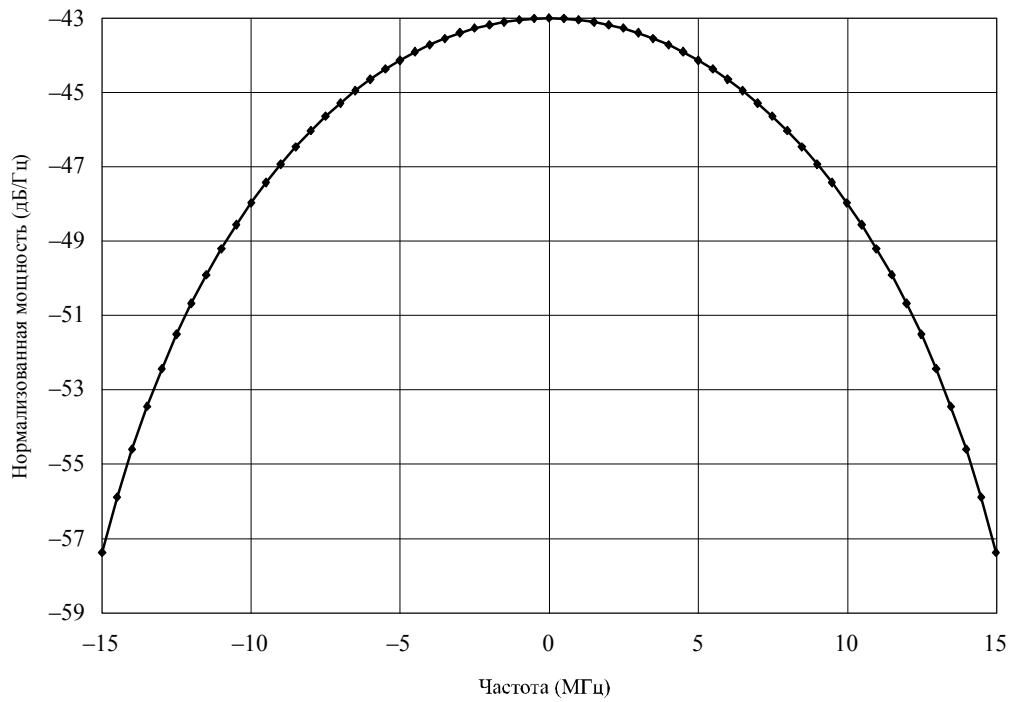


РИСУНОК 3б

Спектр нормализованной мощности системы LEO-F несущей TDMA/QPSK 25 кГц



#### 4 Параметры системы LEO-F

Для целей моделирования был принят узконаправленный луч с э.и.и.м. 32,2 дБВт, шириной луча  $3,4^\circ$  и усилением 3 дБ, и внеосевой диаграммой направленности  $-12 (\theta/\theta_0)^2$  (дБ). Другие параметры системы LEO-F обобщены в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3  
Параметры системы LEO-F

а) Подробности о группировке

Число спутников	10
Высота (км)	10 355
Число плоскостей	2
Наклон орбиты (градусы)	45
Число спутников на плоскость	5
Фазирование внутри плоскости (градусы)	0
Фазирование между плоскостями (градусы)	72

б) Диапазоны частот (абонентские линии)

Земля-космос (МГц)	1 980–2 010
Космос-Земля (МГц)	2 170–2 200

в) Луч спутников/трафик несущей

Число узконаправленных лучей	163
Тип несущей	МДВР/МДЧР
Скорость передачи символа (ксимвол/с)	18
Распределенная полоса частот несущей (кГц)	25
Э.и.и.м. луча/несущая (дБВт)	32,2
Число голосовых слотов/импульсов МДВР	6
Максимальная емкость спутника	4 500 голосовых каналов
Максимальная загрузка трафиком на луч	1 МГц/2 МГц

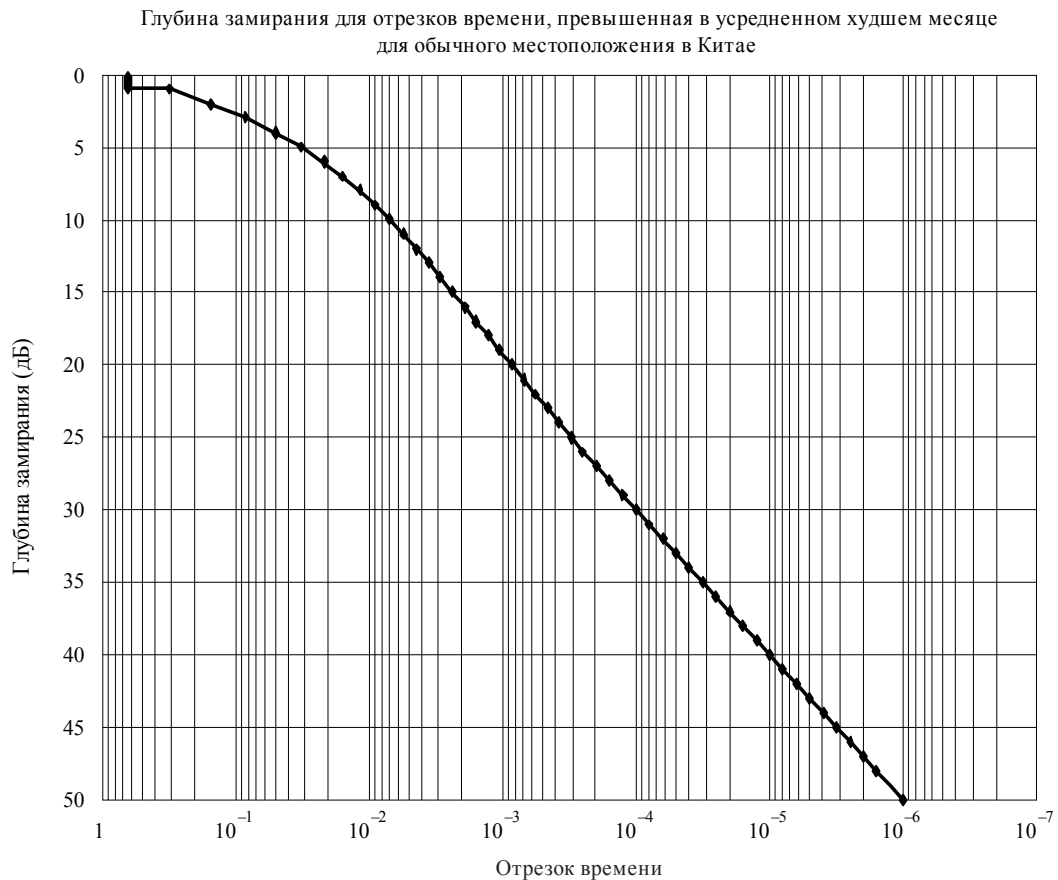
#### 5 Распределение замираний ФС

Рекомендация МСЭ-R P.530 используется для оценки распределения замираний для различных отрезков времени. Типовое распределение замираний при расположении в Китае на широте  $30,78^\circ$  с. ш. и долготе  $129,96^\circ$  в. д. для различных отрезков времени приведено на рисунке 4.



РИСУНОК 4

## Глубина замирания как функция времени



1472-04

## 6 Значения коэффициента $B$

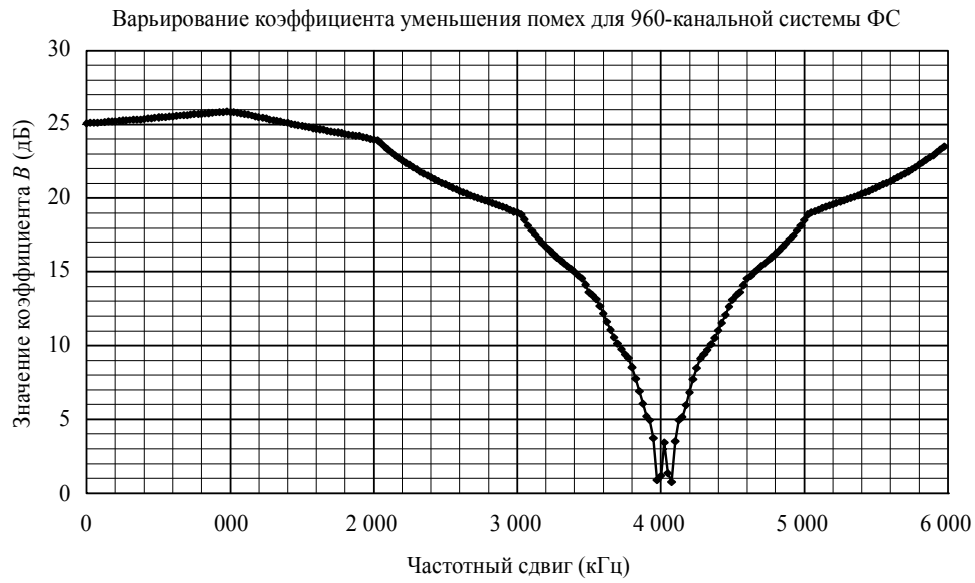
Значения коэффициента  $B$  на различных смещениях частоты получены путем свертывания 960-канального спектра мощности FDM-FM с 25 кГц несущей QPSK/МДЧР и приведены на рисунке 5.

## 7 Результаты моделирования

Моделирование проводилось для наихудшего азимутального угла с временным шагом 50 с. Общая продолжительность моделирования составляла 50 дней. Распределение значений помех плюс мощности теплового шума для различных интервалов времени приведены на рисунке 6.

Значения шума помех в FDM-FM сравнивались с задачами Рекомендации МСЭ-R F.393, которые были линейно и соразмерно распределены в этом примере. Видно, что и долгосрочные и краткосрочные требуемые характеристики вполне выполнены. Допущение линейного соразмерного распределения требует дальнейшего изучения.

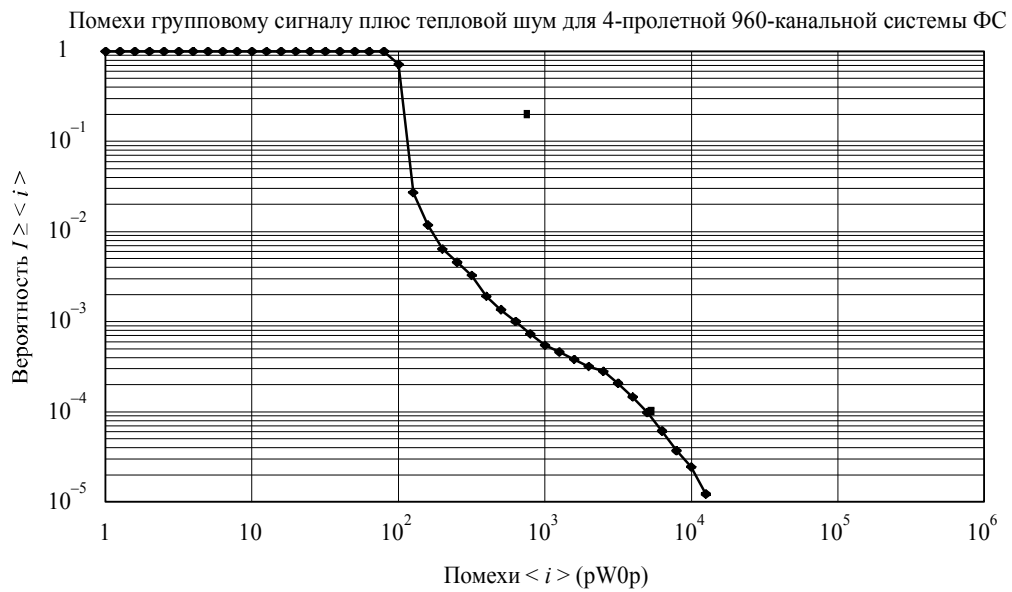
РИСУНОК 5

Значения коэффициента  $B$  как функции частотного разделения для системы FDM-FM

1472-05

РИСУНОК 6

## Помехи групповому сигналу и распределение теплового шума для системы FDM-FM



- Серия 1
- Рекомендация МСЭ-R F.393

1472-06