

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.1039-3

**Совместное использование частот в полосе ниже 1 ГГц станциями подвижной службы и подвижными земными станциями негеостационарных подвижных спутниковых систем (Земля-космос), использующих многостанционный доступ с частотным разделением (МДЧР)**

(Вопросы МСЭ-R 83/8, МСЭ-R 84/8 и МСЭ-R 201/8)

(1994-1997-2000-2006)

**Сфера применения**

В данной Рекомендации представлены методики вычислений, касающихся совместного использования совмещенных частот станциями в подвижных службах в полосе ниже 1 ГГц и подвижными земными станциями негеостационарных подвижных спутниковых систем. Приводится быстрая методика для приблизительного определения помех, а также более точные вычисления с использованием подробных статистических методов.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

а) что в спектре, распределенном Всемирными конференциями радиосвязи ВАРК-92, ВКР-95 и ВКР-97 для подвижных спутниковых служб (ПСС) низкой околоземной орбиты (LEO) в полосе ниже 1 ГГц, при совместном использовании подвижными службами должна обеспечиваться достаточная защита от вредных помех;

б) что ПСС LEO могут предоставлять полезные услуги на основе радиосвязи, включая оповещение о чрезвычайных ситуациях (см. Примечание 1);

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Однако в соответствии с определением Регламента радиосвязи эти услуги не будут рассматриваться как услуги безопасности.

с) что использование LEO дает возможность практического использования космическими станциями частот в полосе ниже 1 ГГц;

д) что некоторые методы координации и формирования каналов, используемые в фиксированных и подвижных системах радиосвязи в полосах частот ниже 1 ГГц, могут привести к низкой нагрузке Эрланга на отдельных каналах;

е) что методы динамического присвоения каналов технически осуществимы и могут предоставить средства для совместного использования спектра подвижными службами и маломощными ПСС с периодами низкой загрузки;

ф) что пользователи негеостационарных (НГСО) ПСС могли бы работать на всей площади больших географических зон;

г) что передачи подвижной земной станции (ПЗС) представляют собой короткие последовательности сигналов;

h) что характеристики сигнала в ПСС в полосе ниже 1 ГГц могут допустить совместное использование в совмещенном канале с подвижными службами (ПС);

j) что существует необходимость определения возможностей совместного использования ПСС и ПС при рассмотрении влияния передач ПС на приемники спутников ПСС;

к) что методы статистического моделирования могут дать оценку вероятности помех от ПСС в ПС,

*а также учитывая,*

- a) что во многих странах распределения для подвижных служб широко используются и, в некоторых случаях, с периодами высокой загрузки трафика;
- b) что модель распространения, в которой используется модель рассеивания для полосы ОВЧ, представлена в Рекомендации МСЭ-R Р.1546,

*отмечая,*

- a) что требуются дополнительные исследования для определения, являются ли статистические модели полностью применимыми к морским и воздушным подвижным службам;
- b) что распространение пользователей ПЗС может быть сосредоточено в определенной области внутри зоны охвата одного спутника, принимая во внимание географические ограничения;
- c) что в Рекомендации МСЭ-R М.1184 представлены технические характеристики сетей НГСО ПСС в полосе частот ниже 1 ГГц, которые считаются подходящими для моделирования и анализа совместного использования и потенциальных помех между ПЗС и станциями в подвижных службах,

*рекомендует,*

- 1 чтобы аналитическая методика, описанная в Приложении 1, использовалась для обеспечения первого приближения вероятности помех от ПЗС НГСО ПСС сухопутным подвижным станциям (СПС), как правило, в той же полосе частот;
- 2 чтобы более точное вычисление вероятности помех выполнялось с использованием подробных статистических методов либо Приложения 2, либо Приложения 3, чтобы оценить совместное использование станциями в подвижных службах и НГСО ПЗС с МДЧР с распределениями на первичной основе (Земля-космос) в той же полосе частот ниже 1 ГГц;
- 3 чтобы типы методов динамического присвоения каналов, такие как описанные в Приложении 4, могли бы использоваться системами НГСО ПСС (узкополосными), работающими в распределениях ПСС ниже 1 ГГц в полосах частот, поддерживающих совместимость с наземными службами.

## Приложение 1

### **Аналитическая методика для вычисления вероятности помех от земной станции НГСО ПСС в направлении СПС, работающей в полосе частот ниже 1 ГГц**

#### **1 Введение**

В данном Приложении описывается аналитическая методика для вычисления вероятности помех с учетом потенциальных помех от ПЗС базовым станциям существующей станции СПС и с использованием модели распространения, полученной из последней версии Рекомендации МСЭ-R Р.1546 (ранее МСЭ-R Р.370).

Предлагаемый метод может быть использован для простой оценки вероятности помех и применяется к любым системам НГСО ПСС, использующим МДЧР. Использование этого метода могло бы упростить анализ совместного использования частот системами НГСО ПСС и существующими системами ПС в полосе частот ниже 1 ГГц.

## 2 Модель помех между системой НГСО ПСС и системой сухопутной подвижной связи

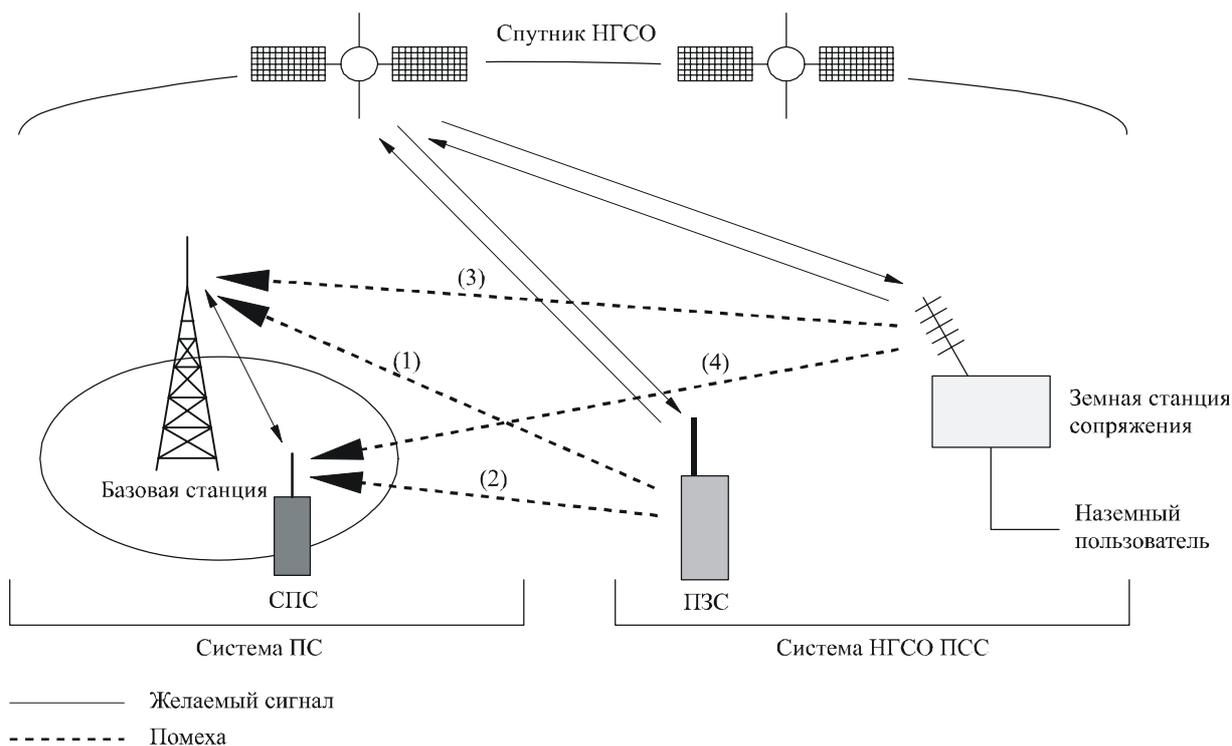
Полоса частот 148–149,9 МГц, распределенная для направления Земля-космос в системе НГСО ПСС, используется в качестве прямого и обратного канала связи в системах сухопутной подвижной связи. Функционирование системы НГСО ПСС в полосе частот 148–149,9 МГц может вызвать следующие четыре случая помех между данными двумя системами, как показано на рисунке 1:

- (1) помехи от ПЗС системы НГСО ПСС в направлении базовой станции существующей системы ПС;
- (2) помехи от ПЗС в направлении СПС существующей системы ПС;
- (3) помехи от земной станции сопряжения системы НГСО ПСС в направлении базовой станции;
- (4) помехи от земной станции сопряжения в направлении СПС.

Среди этих четырех случаев помех (1) и (2) являются трасами помех от ПЗС к существующим системам ПС.

РИСУНОК 1

Модель помех между НГСО ПСС и системами ПС



В этом Приложении описывается методика оценки вероятности помех на трассах помех (1) и (2).

Для трасс помех (1) и (2) необходимо сделать оценку существующих систем в следующих режимах функционирования:

- режим связи;
- режим ожидания.

Режим ожидания является случаем, в котором между двумя станциями не происходит обмена информацией, но приемники ПС включены, чтобы принять любой вызов или информацию. Когда система ПС находится в режиме ожидания, приемник, если он не относится к приемникам с использованием методов тонового подавления шумов, будет иметь интервал подавления шумов в течение длины последовательности сигналов  $+α$  (например, макс. 450 мс  $+α$ ), излучаемой ПЗС с вероятностью помех, приведенной ниже.

Далее представлена методика оценки вероятности помех, возникающих на трассах помех (1) и (2), как показано на рисунке 1, где существующие системы находятся в режимах как связи, так и ожидания.

### 3 Потери распространения между ПЗС и базовой станцией системы ПС

Среди текстов МСЭ-R в Рекомендации МСЭ-R Р.1546 описываются потери распространения в полосе ОВЧ от антенн на большой высоте. В данной Рекомендации показываются результаты экспериментов по определению напряженности поля телевизионных сигналов в полосе ОВЧ на принимающей станции, находящейся на расстоянии  $d$  км. Результаты показаны для различных высот антенн. По вышеописанным причинам потери распространения, требуемые для получения координационного расстояния помех между ПЗС и базовой станцией, оцениваются в этой модели на основе Рекомендации МСЭ-R Р.1546. На рисунке 2 показана зависимость потерь распространения ОВЧ от расстояния распространения для различных высот антенн, полученная из последней версии Рекомендации МСЭ-R Р.1546 (ранее МСЭ-R Р.370). В вычислении потерь распространения, показанных на рисунке 2, используются 10% значений времени. Для других диапазонов частот потребовалось бы произвести перерасчет данных для рисунка 2.

### 4 Параметры системы

На рисунке 3 показана модель помех от ПЗС в базовой станции и в СПС существующей системы ПС. Параметры системы базовой станции, СПС и ПЗС, используемые в следующем обсуждении, приведены ниже. Индексом  $i$  обозначена система, создающая помехи,  $w$  – система, подвергающаяся помехам,  $t$  – передатчик, а  $r$  – приемник. Также,  $b$  и  $m$  означают базовую станцию и СПС, соответственно.

#### 4.1 Параметры ПЗС (станция, создающая помехи):

- сторона передатчика:
  - мощность передатчика:  $P_{it}$  (дБм);
  - коэффициент усиления передающей антенны:  $G_{it}$  (дБ);
  - высота антенны ПЗС:  $h_i$  (м).

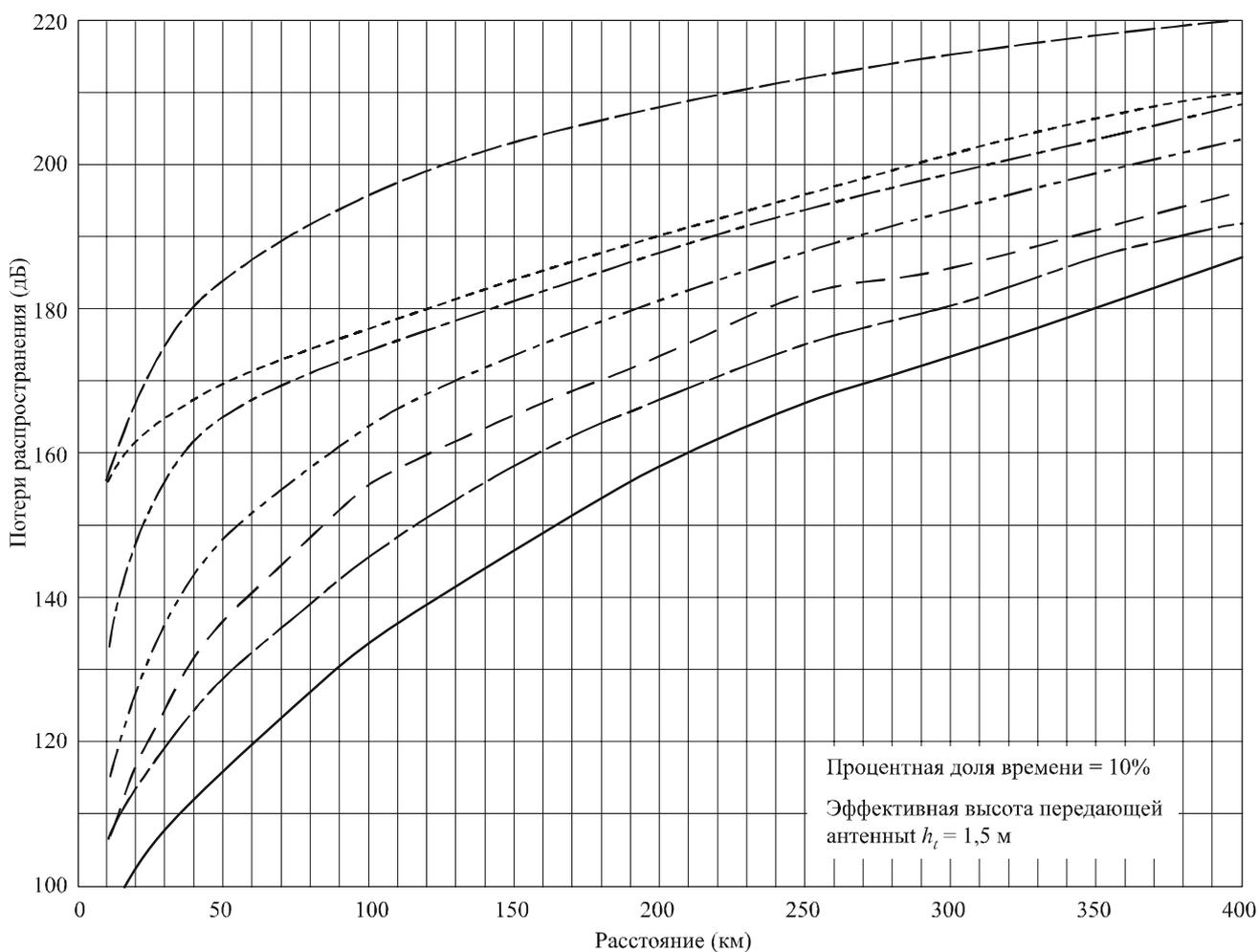
#### 4.2 Параметры базовой станции (система, подвергающаяся помехам):

- сторона передатчика:
  - мощность передачи:  $P_{bwt}$  (дБм);
  - коэффициент усиления передающей антенны:  $G_{bwt}$  (дБ);
  - потери на фидере передатчика:  $L_{bwt}$  (дБ);
  - высота антенны базовой станции:  $h_{bw}$  (м);

- сторона приемника:
  - коэффициент усиления принимающей антенны:  $G_{bwr}$  (дБ);
  - потери на фидере приемника:  $L_{bwr}$  (дБ);
  - высота антенны базовой станции:  $h_{bw}$  (м);
  - чувствительность приемника:  $C_b$  (дБм);
  - требуемое отношение  $C/I$ :  $(C/I)_{br}$  (дБ);
  - допустимый уровень помех:  $I_b$  (дБм);
  - чувствительность шумоподавителя:  $P_{bsd}$  (дБм).

РИСУНОК 2

Потери распространения в полосе ОВЧ (на основе Рекомендации МСЭ-R P.370)



— — — — — Рекомендации МСЭ-R P.529  
( $h_t \times h_r$ ) = (1,5 м  $\times$  1,5 м)

- - - - - Эффективная высота приемной антенны  $h_r = 1,5$  м

— — — — — Эффективная высота приемной антенны  $h_r = 37,5$  м

— — — — — Эффективная высота приемной антенны,  $h_r = 300$  м

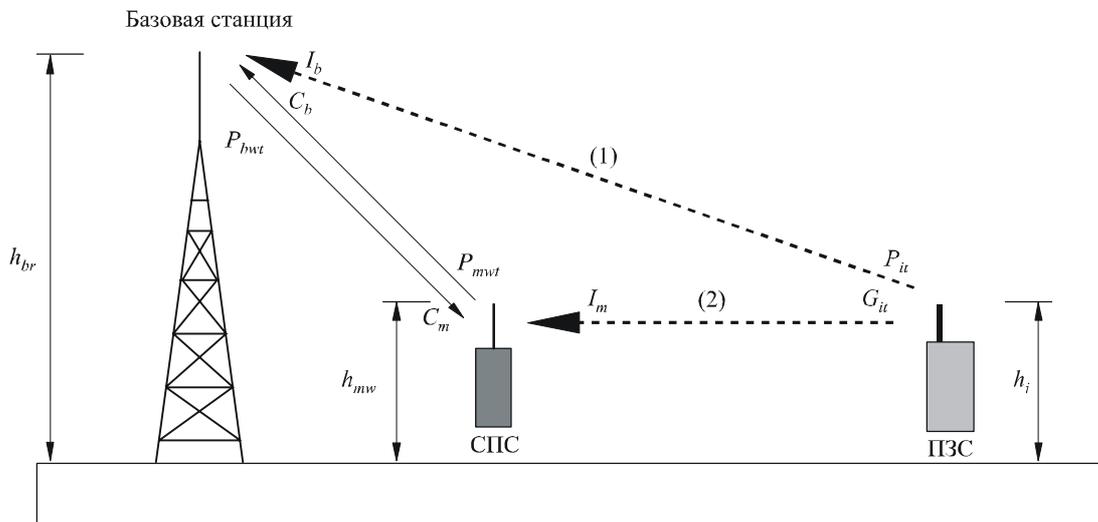
— — — — — Эффективная высота приемной антенны,  $h_r = 500$  м

— — — — — Эффективная высота приемной антенны,  $h_r = 1000$  м

— — — — — Эффективная высота приемной антенны,  $h_r = 2000$  м

РИСУНОК 3

## Модель помех между ПЗС и существующей системой ПС



1039-03

**4.3** Параметры СПС (станция, подвергающаяся помехам):

- сторона передатчика:
  - мощность передатчика:  $P_{mwt}$  (дБм);
  - коэффициент усиления передающей антенны:  $G_{mwt}$  (дБ);
  - высота антенны СПС:  $h_{mw}$  (м);
- сторона приемника:
  - коэффициент усиления принимающей антенны:  $G_{mwr}$  (дБ);
  - высота антенны СПС:  $h_{mw}$  (м);
  - чувствительность приемника:  $C_m$  (дБм);
  - требуемое отношение  $C/I$ :  $(C/I)_{mr}$  (дБ);
  - допустимый уровень помех:  $I_m$  (дБм);
  - чувствительность шумоподавителя:  $P_{msd}$  (дБм).

**5** Вычисление координационного расстояния помех, когда существующая система ПС находится в режиме связи**5.1** Помехи от ПЗС в направлении базовой станции (трасса (1) на рисунке 3)

Предполагается, что  $d_1$  – максимальное расстояние между базовой станцией и СПС, при котором передаваемый от СПС сигнал может быть принят с требуемым  $S/N$  на базовой станции. Это расстояние  $d_1$  эквивалентно радиусу зоны обслуживания существующей системы ПС, т. е. круг с радиусом  $d_1$ , окружающий базовую станцию, представляет собой зону обслуживания для системы ПС. При вышеописанных предположениях и чувствительности приемника базовой станции, принятой равной  $C_b$ , получим уравнение (1):

$$C_b = P_{mwt} + G_{mwt} - L(d_1) + G_{bwr} - L_{bwr}, \quad (1)$$

где:

$P_{mwt}$ : мощность передатчика СПС

$G_{mwt}$ : коэффициент усиления передающей антенны

$L(d_1)$ : потери распространения вдоль расстояния  $d_1$  между базовой станцией и СПС

$G_{bwr}$ : коэффициент усиления принимающей антенны базовой станции

$L_{bwr}$ : потери на фидере приемника базовой станции.

Из уравнения (1) следует, что потери распространения между базовой станцией и СПС выражаются уравнением (2), а расстояние распространения,  $d_1$ , может быть получено с помощью рисунка 2:

$$L(d_1) = P_{mwt} + G_{mwt} + G_{bwr} - L_{bwr} - C_b. \quad (2)$$

Требуемое на базовой станции отношение  $(C/I)_{br}$  можно описать уравнением (3):

$$(C/I)_{br} = C_b - I_b, \quad (3)$$

где:

$(C/I)_{br}$ : отношение требуемой мощности полезного сигнала к мощности помехи на базовой станции

$C_b$ : чувствительность приемника базовой станции

$I_b$ : допустимая мощность помех от ПЗС.

Из уравнения (3) следует, что допустимый уровень мощности помех описывается уравнением (4):

$$I_b = C_b - (C/I)_{br}. \quad (4)$$

Если допускать, что в одной полосе функционирует более чем одна система НГСО ПСС, допустимый уровень мощности помех, описываемый уравнением (4), будет совместно использоваться этими системами НГСО ПСС. В случае множества систем НГСО ПСС, функционирующих в одной полосе частот, уравнение (4) следует заменить уравнением (5):

$$I_b = C_b - (C/I)_{br} - \alpha, \quad (5)$$

где  $\alpha$  – поправочный коэффициент для случая параллельной работы систем НГСО ПСС с использованием одной полосы частот. Если бы каждая система НГСО ПСС могла использовать выделенную полосу частот, используя метод разбиения диапазона частот на поддиапазоны, допустимый уровень мощности помех для каждой системы можно было описать уравнением (4).

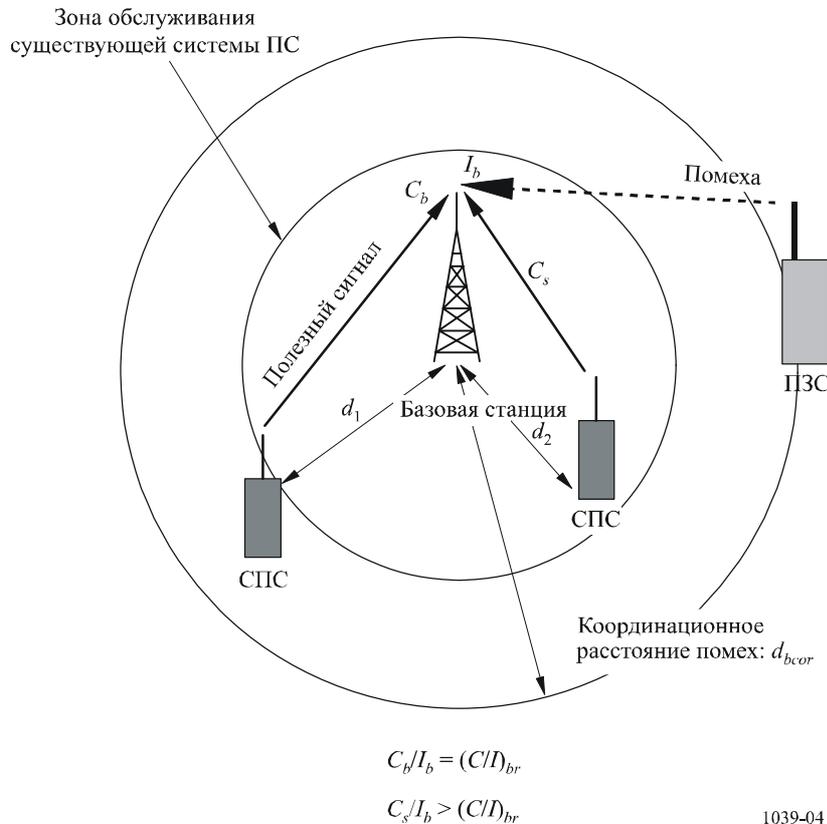
Когда базовая станция и ПЗС находятся на большем, чем координационное расстояние помех,  $d_{bcor}$ , расстоянии, мощность помехи от ПЗС была бы принята базовой станцией как допустимый уровень мощности помех,  $I_b$ . Следовательно, можно получить уравнение (6). Это взаимное расположение показано на рисунке 4.

$$I_b = P_{it} + G_{it} - L(d_{bcor}) + G_{bwr} - L_{bwr} - I_{so}, \quad (6)$$

где  $I_{so}$  представляет собой развязку между каналами в случае, в котором система НГСО ПСС принимает эти каналы как промежуточные между существующими каналами системы. В Приложении 2 приведены результаты компьютерного моделирования по повышению уровня развязки между смежными каналами в промежуточном канализовании.

РИСУНОК 4

## Координационное расстояние помех для базовой станции в режиме связи



Из уравнений (4) и (6) следует, что когда базовая станция и ПЗС находятся на большем, чем координационное расстояние помех, расстоянии,  $d_{bcor}$ , потери распространения,  $L(d_{bcor})$  описываются уравнением (7):

$$\begin{aligned} L(d_{bcor}) &= P_{it} + G_{it} + G_{bwr} - L_{bwr} - I_{so} - I_b \\ &= P_{it} + G_{it} + G_{bwr} - L_{bwr} - I_{so} - C_b + (C/I)_{br} \end{aligned} \quad (7)$$

Из уравнения (7) и рисунка 2 можно получить  $d_{bcor}$ , которое представляет собой координационное расстояние помех между базовой станцией и ПЗС, когда СПС существующей системы поддерживает связь на границе зоны обслуживания. Другими словами, предполагается, что все СПС функционируют на границе зоны обслуживания. Из рисунка 4 очевидно, что СПС, находящиеся ближе к базовой станции, могут обеспечить более высокое отношение  $S/N$ .

## 5.2 Помехи от ПЗС в направлении СПС (трасса (2) на рисунке 3)

Предполагается, что  $d_2$  – это максимальное расстояние между базовой станцией и СПС, при котором передаваемый от базовой станции сигнал может быть получен с необходимым  $S/N$  на СПС. Это  $d_2$  эквивалентно максимальному расстоянию, при котором СПС могла бы получить сигналы с базовой станции с необходимым  $S/N$ .

При вышеописанных предположениях и чувствительности приемника СПС, принятой равной  $C_m$ , можно получить уравнение (8):

$$C_m = P_{bwt} + G_{bwt} - L_{bwt} - L(d_2) + G_{mwr}, \quad (8)$$

где:

- $P_{bwt}$ : мощность передатчика базовой станции  
 $G_{bwt}$ : коэффициент усиления передающей антенны базовой станции  
 $L_{bwt}$ : потери на фидере передатчика базовой станции  
 $L(d_2)$ : потери распространения на расстоянии  $d_2$  между базовой станцией и СПС  
 $G_{mwr}$ : коэффициент усиления принимающей антенны СПС.

Из уравнения (8) следует, что потери распространения между базовой станцией и СПС можно выразить уравнением (9):

$$L(d_2) = P_{bwt} + G_{bwt} - L_{bwt} + G_{mwr} - C_m, \quad (9)$$

где:

- $(C/I)_{mr}$ : отношение требуемой мощности полезного сигнала к мощности помехи на СПС  
 $C_m$ : чувствительность приемника СПС  
 $I_m$ : допустимая мощность помех.

Оно описывается уравнением (10):

$$(C/I)_{mr} = C_m - I_m. \quad (10)$$

Из уравнения (10) следует, что допустимый уровень помех,  $I_m$ , можно описать уравнением (11):

$$I_m = C_m - (C/I)_{mr} \quad (11)$$

В случае когда в одной полосе частот работают более чем одна система НГСО ПСС, требуется такой же поправочный коэффициент, как определенный в уравнении (5), для получения допустимого уровня мощности помех для каждой системы НГСО ПСС.

Если СПС и ПЗС находятся на расстоянии, равном координационному расстоянию помех,  $d_{mcor}$ , мощность помех от ПЗС была бы принята СПС как допустимая мощность помех,  $I_m$ , как показано на рисунке 5. Она может быть описана уравнением (12):

$$I_m = P_{it} + G_{it} - L(d_{mcor}) + G_{mwr} - I_{so}. \quad (12)$$

Из уравнений (11) и (12) следует, что  $L(d_{mcor})$ , потери распространения на координационном расстоянии помех,  $d_{mcor}$ , могут быть описаны уравнением (13):

$$\begin{aligned} L(d_{mcor}) &= P_{it} + G_{it} + G_{mwr} - I_{so} - I_m \\ &= P_{it} + G_{it} + G_{mwr} - I_{so} - C_m + (C/I)_{mr}. \end{aligned} \quad (13)$$

Из уравнения (13) и рисунка 2 можно получить  $d_{mcor}$ , которое представляет собой координационное расстояние помех между СПС и ПЗС. Это координационное расстояние соответствует тому, что СПС поддерживает связь на границе зоны обслуживания существующей системы. Это предположение позволяет СПС, находящимся ближе к базовой станции, получать более высокое отношение  $S/N$ , как показано на рисунке 5.

## 6 Вычисление координационного расстояния помех, когда существующая система ПС находится в режиме ожидания

### 6.1 Помехи от ПЗС в направлении базовой станции (трасса (1) на рисунке 3)

Как показано на рисунке 6, предполагается, что базовая станция принимала бы мощность помех, равную своей чувствительности шумоподавителя, когда ПЗС излучает на расстоянии,  $d_{bi}$ , от базовой станции. В этом случае расстояние  $d_{bi}$  представляет собой координационное расстояние помех между ПЗС и базовой станцией в режиме ожидания. Можно получить уравнение (14), где  $P_{bsd}$  – чувствительность шумоподавителя базовой станции:

$$P_{bsd} = P_{it} + G_{it} - L(d_{bi}) + G_{bwr} - L_{bwr} - I_{so}. \quad (14)$$

$L(d_{bi})$  – расстояние между базовой станцией и ПЗС, позволяющее базовой станции принять мощность помех, равную ее чувствительности шумоподавителя. Из уравнения (14) и рисунка 2 может быть получено координационное расстояние помех,  $d_{bi}$ .

## 6.2 Помехи от ПЗС в направлении СПС (трасса (2) на рисунке 3)

Как показано на рисунке 7, предполагается, что СПС принимала бы мощность помех, равную своей чувствительности шумоподавителя, когда ПЗС излучает на расстоянии,  $d_{mi}$ , от СПС. В этом случае расстояние  $d_{mi}$  представляет собой координационное расстояние помех между ПЗС и СПС в режиме ожидания. Можно получить уравнение (15), где  $P_{msd}$  – чувствительность шумоподавителя ПС:

$$P_{msd} = P_{it} + G_{it} - L(d_{mi}) + G_{mwr} - L_{mwr} - I_{so}. \quad (15)$$

$L(d_{mi})$  – расстояние между СПС и ПЗС, позволяющее СПС принять мощность помех, равную ее чувствительности шумоподавителя. Из уравнения (15) и рисунка 2 может быть получено координационное расстояние помех,  $d_{mi}$ .

РИСУНОК 5

Координационное расстояние помех для СПС в режиме связи

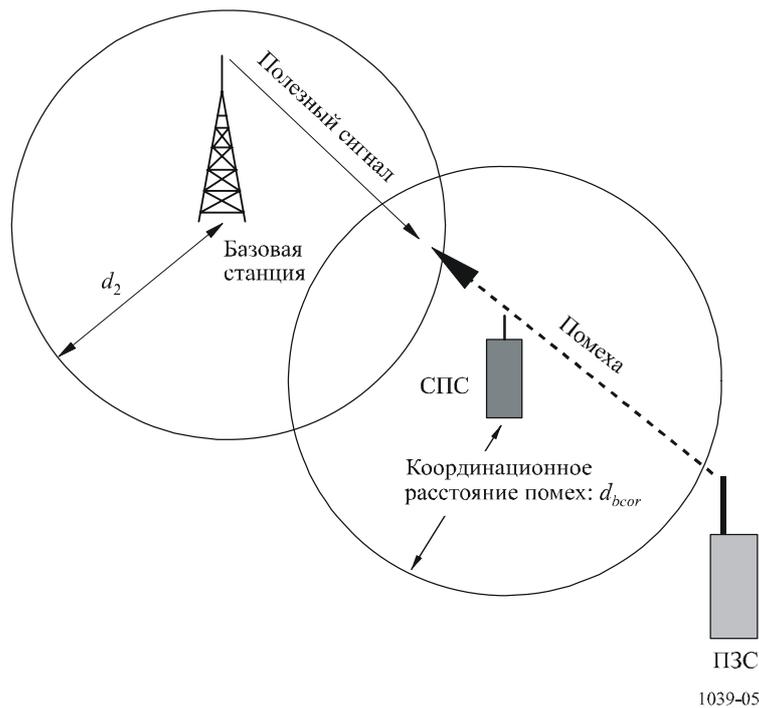


РИСУНОК 6

Координационное расстояние помех для базовой станции в режиме ожидания

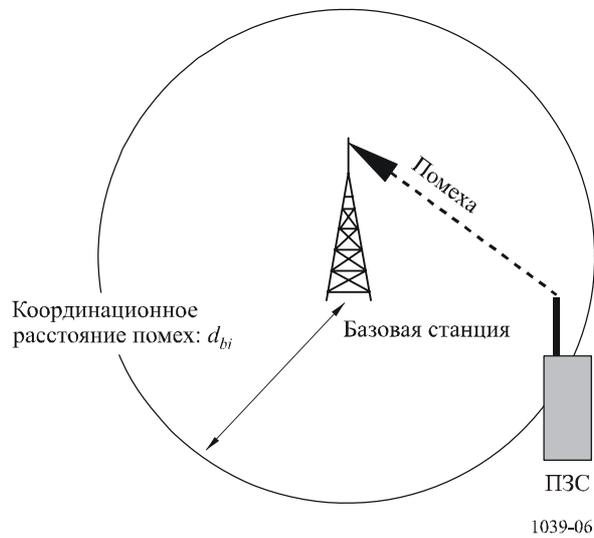
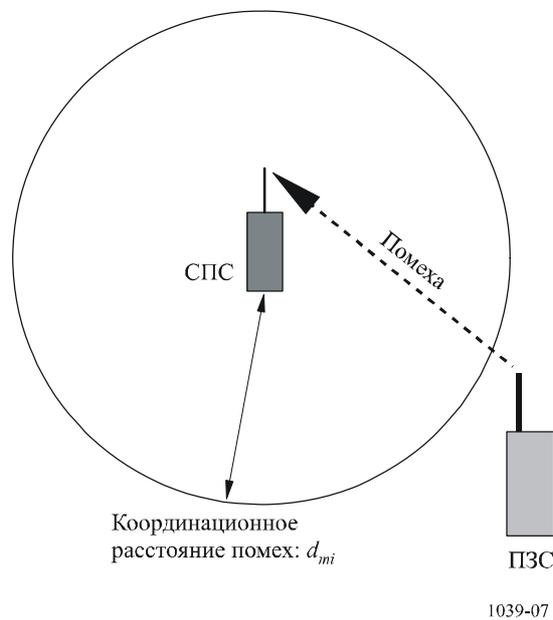


РИСУНОК 7

Координационное расстояние помех для СПС в режиме ожидания



## 7 Оценка вероятности помех

В предыдущих разделах представлены методы оценки координационных расстояний помех для двух возможных трасс помех между ПЗС и базовой станцией, и между ПЗС и СПС, когда существующие системы находятся в режиме связи и в режиме ожидания, соответственно. В этом разделе предложен метод для получения вероятности помех.

### 7.1 Вероятность передачи по совмещенному каналу системы ПС и ПЗС

Пусть  $P_I$  – вероятность того, что канал, используемый системой ПС, содержит помеху совмещенного канала от ПЗС.  $P_I$  выражается в виде:

$$P_I = \sum_{i=0}^m (P(\text{Помехи в MS} | i \text{ каналов активно}) \times P(i \text{ каналов активно})), \quad (16)$$

где  $P(i \text{ каналов активно})$  означает вероятность того, что  $i$  каналов занято активными ПЗС спутниковой системы, а  $m$  – максимальное число одновременно работающих каналов для одного спутника НГСО. В наилучшем случае оценка  $P_I$  может быть выполнена для следующих условий:

$$P(m \text{ каналов активно}) = 1$$

$$P(i \text{ каналов активно}) = 0 \quad (i \neq m).$$

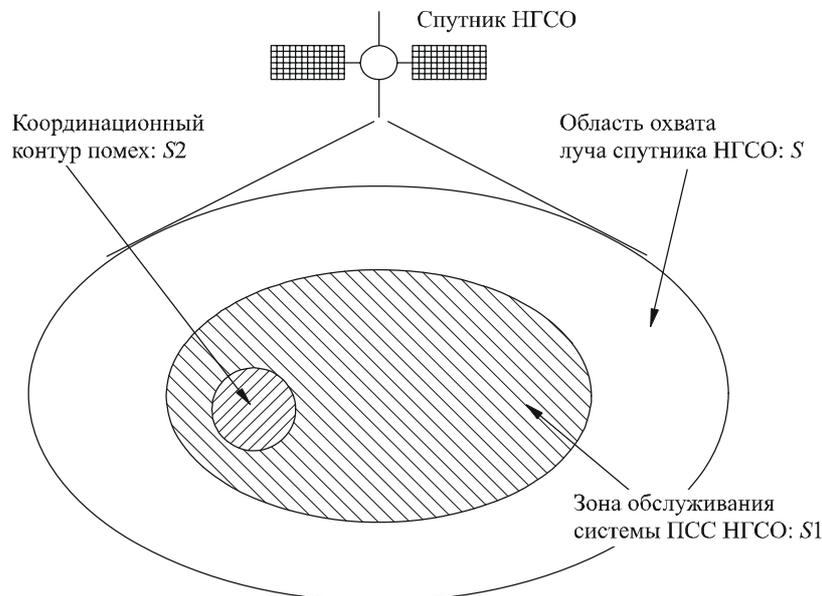
При предположении, что ПЗС равномерно распределены по зоне охвата ПСС, максимальное число одновременно работающих каналов для одного спутника НГСО описывается уравнением (17):

$$m(S2) = m \times \frac{S2}{S1}, \quad (17)$$

где  $S1$  соответствует зоне обслуживания систем ПСС, а  $S2$  соответствует координационному контуру помех с радиусом, равным координационному расстоянию помех. На рисунке 8 показано отношение между областями  $S1$  и  $S2$ .

РИСУНОК 8

Рисунок, показывающий получение вероятности того, что задействована одна ПЗС



1039-08

Причина состоит в том, что  $P(\text{Помехи в ПС} | i \text{ каналов активно})$  является наибольшей, когда  $i = m(S2)$ . Следовательно,  $P_I$  в худшем случае становится:

$$P_I = P(\text{Помехи в MS} | m(S2) \text{ каналов активно}). \quad (18)$$

Если это допущение слишком пессимистично, можно умножить на коэффициент  $\eta_L$ , чтобы учесть процентную долю времени, в течение которой используется система НГСО ПСС, т. е.:

$$P_I = P(\text{Помехи в MS} | m(S2) \text{ каналов активно}) \times \eta_L. \quad (19)$$

Когда предполагается, что максимальное число доступных каналов для системы НГСО ПСС равно  $M$ , вероятность того, что один выбранный ПЗС канал из  $m(S2)$  каналов вызвал бы помехи в системе ПС, использующей тот же канал,  $\eta_c$ , описывается уравнением (20):

$$\eta_c = \frac{m(S2)}{M} \times \gamma, \quad (20)$$

где  $\gamma$  – поправочный коэффициент для вероятности выбора канала ПЗС. Поскольку активность  $M$  каналов нечасто присваивается равномерно по причине работы системы динамического присвоения активности каналов (DCAAS), максимальное число доступных каналов учитывалось бы с помощью поправочного коэффициента.

Используя уравнения (17) и (19), вероятность,  $P_I$ , данную в уравнении (18), можно получить из уравнения (21):

$$\begin{aligned} P_I &= \eta_c \times \eta_L \\ &= \frac{m(S2)}{M} \times \gamma \times \eta_L = \frac{m}{M} \times \gamma \times \frac{S2}{S1} \times \eta_L. \end{aligned} \quad (21)$$

В уравнении (21) область  $S2$  может быть получена с использованием координационного расстояния помех, которое описывается уравнениями (7), (13), (14) и (15).

Когда базовая станция или СПС существующей системы ПС находится в режиме связи, вероятность  $P_I$  можно описать уравнениями (22) и (23), соответственно:

*Базовая станция системы ПС находится в режиме связи*

$$P_{bc} = \left( \frac{m}{M} \right) \times \gamma \times \eta_L \times \pi \times \frac{(d_{bcor})^2}{S1}. \quad (22)$$

*СПС системы ПС находится в режиме связи*

$$P_{mc} = \left( \frac{m}{M} \right) \times \gamma \times \eta_L \times \pi \times \frac{(d_{mcor})^2}{S1}. \quad (23)$$

Когда базовая станция или СПС существующей системы ПС находится в режиме ожидания, вероятность  $P_I$  можно описать уравнениями (24) и (25), соответственно.

*Базовая станция системы ПС находится в режиме ожидания*

$$P_{bw} = \left( \frac{m}{M} \right) \times \gamma \times \eta_L \times \pi \times \frac{(d_{bi})^2}{S1}. \quad (24)$$

*СПС системы ПС находится в режиме ожидания*

$$P_{mw} = \left( \frac{m}{M} \right) \times \gamma \times \eta_L \times \pi \times \frac{(d_{mi})^2}{S1}. \quad (25)$$

## 7.2 Другие учитываемые параметры

Для оценки вероятности помех от ПЗС в существующей системе либо в режиме связи, либо в режиме ожидания необходимо учесть следующие параметры наряду с вероятностями, что канал, используемый системой ПС, содержит помехи совмещенного канала от ПЗС.

*Параметр 1:* Процентная доля времени, в течение которого существующая система находится в режиме связи

Процентная доля времени, в течение которого существующая система находится в режиме связи, принимается равной  $\eta_m$ . На практике существующая система обычно функционирует в однонаправленном режиме с использованием оконечного устройства с нажимной переговорной кнопкой. В этом случае процентная доля времени для каждого направления канала во время связи составляет  $1/2 \eta_m$ .

*Параметр 2:* Вероятность того, что DCAAS не удастся обнаружить активный канал, используемый существующей системой

DCAAS на борту спутника обладает возможностью обнаружить все каналы, используемые существующей системой; однако между СПС и спутником может стоять препятствие, лишаящее DCAAS возможности обнаружить сигналы, передаваемые СПС. Если учитывать этот факт, вероятность того, что DCAAS не удастся обнаружить активный канал, используемый существующей системой, принимается равной  $\eta_D$ .

*Параметр 3:* Коэффициент видимости спутника в случае множества земных станций сопряжения

Если в зоне установлена более чем одна земная станция сопряжения, число спутников возрастает таким образом, чтобы ПЗС могли получить доступ одновременно, и вероятность помех в существующей системе также возрастает.  $\eta_G$  принимается равным отношению доступного числа каналов с множеством земных станций сопряжения к числу каналов с одиночной земной станцией сопряжения.

*Параметр 4:* Число сигналов помех внутри занимаемой ширины полосы несущей ПС

Если занимаемая ширина полосы для несущей НГСО ПСС уже, чем для несущей ПС, в желаемой ширине полосы, занятой несущей ПС, наблюдалась бы множественная мешающая несущая. При описанном выше допущении, при вычислении  $C/I$  мог бы быть учтен дополнительный уровень мощности помех, описанный уравнением (26):

$$I = 10 \log \left( \frac{B_w}{B_i} \right), \quad (26)$$

где  $B_w$  и  $B_i$  – занятые ширины полосы для несущей ПС и несущей ПЗС, соответственно. При условии, что НГСО системы не должны присваивать более чем один канал в каждой сетке частот, распределенной для существующей системы, нет необходимости учитывать дополнительный уровень мощности помех, описанный уравнением (26).

Среди вышеупомянутых параметров параметры с 1 по 4 требуются для оценки вероятности помех, когда существующая система находится в режиме связи, а параметры 3 и 4 требуются для оценки вероятности помех, когда существующая система находится в режиме ожидания.

### 7.3 Общая вероятность помех

На основе того, что представлено в предыдущих разделах, вероятности помех,  $P_t$ , для двух возможных трасс помех от ПЗС в направлении базовой станции, и от ПЗС к СПС, как в режиме связи, так и в режиме ожидания, описываются следующими уравнениями:

– Существующая система ПС находится в режиме связи:

$$P_t \text{ (базовая станция)} = P_{bc} \times \eta_D \times \eta_G \quad (27)$$

$$P_t \text{ (СПС)} = P_{mc} \times \eta_D \times \eta_G. \quad (28)$$

Следует заметить, что процентную долю времени помех можно вычислить, умножив  $P_t$  на коэффициент  $\eta_m$ .

– Существующая система ПС находится в режиме ожидания:

$$P_t \text{ (базовая станция)} = P_{bw} \times \eta_G \quad (29)$$

$$P_t \text{ (СПС)} = P_{mw} \times \eta_G. \quad (30)$$

## Приложение 2

### Методика и статистика для определения совместного использования частот передатчиками земной станции ПСС в полосе ниже 1 ГГц и подвижными станциями

#### 1 Введение

В методике, представленной в этом Приложении, описан метод, используемый для определения того, могут ли передатчики земной станции ПСС (ПЗС) использовать частотный спектр совместно с подвижными службами. В описанной методике предоставляется основа для оценки эффективности пределов уровня мощности для эффективной изотропно-излучаемой мощности передатчика (э.и.и.м.) ПЗС, которая может быть создана, для того чтобы допустить совместное использование частот с подвижными службами (см. Примечание 1).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – К тому же передачи с ПЗС по линии вверх имеют оптимальную длину для совместного использования частот с некоторыми наземными голосовыми службами. Было указано, что она может достигать 500 мс. Продолжительность времени, в течение которого происходят такие передачи, исследуется (предполагается 1% в 1–15 мин.).

#### 2 Потенциальные помехи от ПСС подвижным службам

Подвижные службы в полосе ОВЧ в основном характеризуются модулированными по частоте голосовыми несущими и несущими данных, присвоенными на периодической сетке каналов. Используемые разнесения каналов включают 6,25 кГц, 12,5 кГц, 15 кГц, 25 кГц и 30 кГц.

Системы ПСС в полосе ниже 1 ГГц могут использовать алгоритм динамического присвоения каналов, который позволяет космической станции распознать те каналы, которые не заняты подвижными станциями, совместно использующими спектр. Следовательно, ожидается как правило значительное разнесение частот (15 кГц или меньше) между передачей ПСС и центральной частотой приемника подвижной станции. Однако в целях этой методики эффективность процесса динамического присвоения каналов еще не может быть прогнозирована; следовательно, селективность канала линии вверх ПСС предполагается случайно разнесенной с шагом в 2,5 кГц (см. Примечание 1) внутри распределения для подвижной связи.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – При небольшой потере в обобщенности анализа размер этого шага представляет собой практические ограничения на использование синтезирующего устройства.

#### 3 Краткий обзор методики

Для того чтобы определить потенциал вредных помех в подвижных станциях от передатчиков ПЗС, должны быть предприняты несколько шагов. Методика данных действий изложена в этом разделе. В следующих разделах содержатся подробные описания каждого шага.

##### 3.1 Координационный контур

Первый шаг – это определение типичного координационного контура вокруг подвижного приемника, защита которого требуется. Он описывается диапазоном, в пределах которого передатчик ПЗС или группа передатчиков будут создавать плотность потока мощности (п.п.м.) сверх уровня,

определенного как критерий защиты. Чтобы выполнить это вычисление, нужно знать следующие значения:

$\varepsilon.и.и.м._{mes}$  : максимальная э.и.и.м. ПЗС (Вт)

$BW_{mes}$  : ширина полосы сигналов передатчика ПЗС (Гц)

$n.п.м._{t}$  : п.п.м., считающаяся вредной (Вт/м<sup>2</sup>)

$N_t$  : ожидаемый максимум совместно работающих передатчиков ПЗС

$L(d)$  : потери распространения как функция расстояния.

Если можно определить, что координационный контур достаточно мал по сравнению с ожидаемыми передвижениями подвижных станций и ПЗС, то дополнительных вычислений не требуется. Если координационный контур слишком велик, чтобы сделать это определение, должны быть выполнены следующие шаги.

## 3.2 Вычисление вероятности превышения порога

Вероятностные методы используются для определения процентной доли времени, в течение которой п.п.м. защиты будет превышена на приемнике отдельной подвижной станции. Если эта "вероятность превышения" достаточно низкая, превышение уровня защиты не считается вредными помехами.

### 3.2.1 Географическая зона для вычисления

Первым шагом является определение зоны, в пределах которой передачи от ПЗС будут значительно способствовать статистике принимаемой п.п.м. на подвижном приемнике. Если используется слишком большая зона, вычисленная впоследствии вероятность превышения, скорее всего, будет занижена. Эта зона, как правило, описывается радиусом, соответствующим контуру защиты, описанному выше.

### 3.2.2 Функция плотности вероятности п.п.м. одиночного передатчика

Принимая во внимание зону, по которой производится вычисление, затем вычисляют дискретную функцию плотности вероятности (см. Примечание 1) для ожидаемых значений п.п.м. на подвижном приемнике. Это двухступенчатый процесс, начинающийся с введения случайной переменной, описывающей распределение вероятности ПЗС в пределах досягаемости подвижного приемника. Вероятность отдельной п.п.м. затем оценивается как связанная с зоной, которая, совместно с э.и.и.м. ПЗС, моделью распространения и потенциальной изоляцией фильтра, создает эту п.п.м.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Функция плотности вероятности (PDF) для случайной переменной определяет вероятностный вес для каждого из значений, которые случайная переменная может принять. Интеграл функции плотности вероятности равен единице. Если для каждого из значений, которые может принять случайная переменная, составлена новая функция путем интегрирования функции плотности вероятности от минус бесконечности до значения этой случайной переменной, то получается кумулятивная функция распределения.

### 3.2.3 Функция плотности вероятности для п.п.м. множества несущих

Результирующая функция плотности вероятности п.п.м. применяется, когда задействован одиночный передатчик ПЗС. Функции плотности вероятности для п.п.м., связанные с двумя или более передатчиками ПЗС, получаются из функции плотности вероятности одиночной несущей с использованием метода свертки, описанного в § 7.

### 3.2.4 Вероятность того, что будут задействованы передатчики ПЗС

Результирующие распределения п.п.м. должны быть обусловлены фактической вероятностью того, что один или больше передатчиков ПЗС активен внутри защищаемой зоны приемника. Эти вероятности являются зависимыми от интенсивности трафика и в основном описываются распределением Пуассона. Эта часть вычислений зависима от выбранного для системы ПСС типа схемы доступа, однако максимальные вероятности передачи ограничены принятием очень эффективного способа использования доступных каналов оператором ПСС.

### 3.2.5 Вероятность превышения

Фактическая вероятность превышения зависит от разделения трафика системы ПСС, возникающего внутри контура защиты подвижного приемника. Как правило, отношение зоны покрытия космической станции ПСС к зоне, описываемой контуром защиты, составляет 0,1% или меньше. Поскольку фактическое распределение системного трафика не может быть определено перед работой системы, метод, описанный для вычисления вероятности превышения, показывает, как сделать этот фактор параметром. Это упростит понимание влияния ожидаемой интенсивности трафика на потенциал вредных помех, возникающих в подвижной станции.

### 3.2.6 Вероятность превышения в сравнении с фактическими помехами

Вычисленная вероятность превышения обычно превышает потенциал вредных помех по следующим причинам:

- для нее предполагается, что каждый подвижный канал связи, как передачи, так и приема, всегда активен;
- для нее предполагается, что каждый подвижный приемник работает в своей максимальной области досягаемости (минимальный порог производительности) без дополнительного энергетического запаса линии связи; однако в некоторых системах может использоваться контроль мощности, исключаящий этот эффект;
- для нее не принимается в расчет тот факт, что в методах динамического присвоения каналов, используемых системами ПСС, будут избегаться частоты активных приемников;
- многие передачи ПЗС будут короткими последовательностями сигналов, которые могут не открыть шумоподавители на многих приемниках и могут не являться слышимыми, если они возникают во время действия говорящего на каналах речи, однако если канал используется для данных или выполнения сигнализации, он может быть ухудшен, сколь бы короткой ни была последовательность импульсов.

## 4 Эталонная модель распространения

В целях оценки потенциальных помех от передатчиков ПСС LEO на линии вверх подвижным станциям (ПС) или базовым станциям (БС) дается эталонная модель канала связи для частотных диапазонов ниже 1 ГГц.

Прогнозируемые потери распространения являются функцией расстояния, разделяющего передатчик/приемник, и можно смоделировать принимаемую напряженность поля до первой степени, как, например:

$$E(1 \text{ кВт}) = 70 - 40 \log(d) - 10 \log(f) + 20 \log(h_1 h_2) - 10 \log(0,02 p) [1 - \exp(-0,1d)]^2 \quad \text{дБ(мкВ/м)}, \quad (31)$$

где:

- $f$ : частота в диапазоне от 20 до 1000 МГц
- $d$ : длина трассы в диапазоне от 1 до 600 км
- $h_1, h_2$ : эффективные высоты антенн (м) для передающих и принимающих антенн, соответственно, каждая имеет минимальное значение равное 1 м, с произведением ( $h_1 h_2$ ), ограниченным максимальным значением 300 м<sup>2</sup>
- $p$ : процентная доля времени, в течение которого будет превышена напряженность поля, в диапазоне от 1 до 50%,

где  $E$  оценивается для мощности 1 кВт, исходящей из полуволнового диполя (э.и.и.м. 32,15 дБВт (децибел на 1 ватт)) и  $E$  не должна превышать значения свободного пространства,  $E_{fs}$ , выраженного в дБ(мкВ/м):

$$E_{fs}(1 \text{ кВт}) = 107 - 20 \log(d) \quad \text{дБ(мкВ/м)}. \quad (32)$$

Вычисленную напряженность поля нужно изменить, чтобы учесть э.и.и.м. ПЗС:

$$E = E(1 \text{ кВт}) + (P_{mes} - 32,15),$$

где:

$$P_{mes} : \text{ э.и.и.м. ПЗС (дБВт)}.$$

Преобразование этого выражения от напряженности поля к п.п.м. передатчика, падающей на расстояние,  $d$ :

$$n.p.m.(d) = \frac{(E \times 10^{-6})^2}{120 \pi} \quad \text{Вт/м}^2, \quad (33)$$

где  $E$  выражена в мкВ/м.

В целях оценки потенциала помех от передатчика ПСС LEO в подвижной станции следует использовать произведение высот антенн порядка  $10 \text{ м}^2$ . Это объясняет тот факт, что передатчики ПСС LEO, вероятно, являются скорее переносными или установленными на транспортном средстве, а не установленными на башне. Для случая базовых станций в подвижной службе следует использовать большее произведение в зависимости от ситуации. В случае приемников или передатчиков ПСС, установленных на воздушных судах, также следует использовать большие произведения.

## 5 Вероятность множественных передач ПЗС

Как отмечено в § 3.1, потенциал помех будет зависеть от ожидаемого числа одновременно работающих передатчиков ПЗС, которые могут влиять на совокупную п.п.м., падающую на приемник подвижной службы. Для протоколов случайного доступа (см. Примечание 1) предусматриваются случайные множественные одновременные передачи на одной частоте и протоколы как таковые представляют собой случай ограничения сверху потенциала совокупных помех, действующих на приемник подвижной станции. Вероятность одновременно действующих передатчиков оценивается с использованием распределения Пуассона:

$$P_a(n) = \frac{\Lambda^n}{n!} \cdot e^{-\Lambda}, \quad (34)$$

где:

$n$  : число одновременно действующих передатчиков

$\Lambda$  : среднее время передач, приходящихся на единицу.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Многие протоколы случайного доступа известны как протоколы "ALOHA", особый тип протоколов случайного доступа.

Конкретный выбранный тип протокола случайного доступа определит соответствующее значение  $\Lambda$ . Использование протоколов сегментированного случайного доступа позволяет достигать наивысшего значения переносимого трафика, теоретического максимума в 36,8%; практические верхние границы составляют приблизительно 30%. Это в два раза большее значение трафика и значение  $\Lambda$  по сравнению с простым, несегментированным методом. Системы должны быть спроектированы для функционирования при ограниченной пропускной способности протокола случайного доступа, чтобы поддерживалось их качество обслуживания. Следовательно, в то время как можно увидеть короткие периоды загрузки трафика с превышением стабильных значений, целесообразно допустить, что этим системам будет необходимо функционировать при более низких значениях, для того чтобы удержать пользователей.

Значение  $\Lambda = 0,4$  в выражении для распределения Пуассона дает практически осуществимые уровни пиковой загрузки протокола сегментированного случайного доступа. В таблице 1 приведена вероятность 0, 1, 2, ..., 6 одновременно работающих передатчиков для значения  $\Lambda = 0,4$ . Из этой таблицы можно увидеть, что вероятность более чем четырех одновременно действующих передатчиков равна 0,00001. Следовательно, подходящее для  $N_f$  значение равно 4, однако можно рассмотреть использование других значений.

ТАБЛИЦА 1

## Типичные вероятности передач ПЗС

$n$	$P_a(n)$	$C_a(n)^{(1)}$	$1 - C_a(n)$
0	0,670320	0,670320	0,329680
1	0,268128	0,938448	0,061552
2	0,053626	0,992074	0,007926
3	0,007150	0,999224	0,000776
4	0,000715	0,999939	0,000061
5	0,000057	0,999996	0,000004
6	0,000004	1,000000	0,000000

(1)  $C_a(n)$ : кумулятивная функция распределения  $P_a(n)$ .

## 6 Оценка распределения вероятности п.п.м. одиночной несущей

Распределение вероятности п.п.м. одиночной несущей оценивается исходя из двух базовых утверждений: что потери распространения между ПЗС и приемником подвижной службы зависят от расстояния и что распределение вероятности всех возможных территориальных разносов известно. Для первого случая модель потерь распространения представлена в § 4. В отношении последнего используется модель плотности равномерного распределения ПЗС (оконечных устройств/м<sup>2</sup>). Можно использовать более сложные распределения, но они бы косвенно предполагали, что какое-либо свойство передатчика подвижной службы, некоррелированное явление в отношении размещения ПЗС, повлияло на распределение ПЗС.

Просто показать, что плотность равномерного распределения ПЗС даст функцию плотности вероятности единичных изменений для случайной переменной, описывающей территориальный разнос между ПЗС и приемником подвижной службы. Эта дискретная функция плотности вероятности выводится следующим образом:

$$P_s(d_i) = 2d_i / R^2, \quad (35)$$

где:

$d_i$ : дискретные значения территориального разноса

$R$ : радиус координационного расстояния, окружающего подвижный приемник (км).

Изоляция фильтра по отношению к передаче ПЗС на приемниках подвижных станций должна быть вычислена для смещений в 2,5 кГц от рабочей частоты подвижного приемника.

Создается массив с индексами, соответствующими значениям п.п.м., и значениями массива, соответствующими значениям вероятностей. В этом массиве все значения установлены равными нулю.

Каждое значение расстояния в плотности вероятности разноса используется для вычисления п.п.м., ослабляемой смещенной по частоте изоляцией на каждой из позиций по 2,5 кГц. Значение вероятности, относящееся к расстоянию, делится на число отдельных вычислений изоляции фильтра и прибавляется к значению вероятности, уже связанному с вычисленной п.п.м. Эти операции повторяются по всем статистически значимым значениям расстояния для создания завершенной функции распределения вероятности. Это вычисление описывается уравнением (36):

$$\sum_{i=0}^{N_i} \sum_{j=0}^{N_f} P_{n.n.m.} \left( \frac{n.n.m.(d_i)}{A_j} \right) + = \frac{P_s(d)}{N_f}, \quad (36)$$

где:

$A_j$ : изоляция фильтра  $j \times 2,5$  кГц от центральной частоты подвижного приемника

$N_f$ : число частотных каналов, используемых системой ПСС.

Выражение "+ =" обозначает прибавление правой части выражения к имеющемуся содержанию переменной в левой части уравнения.

## 7 Оценка распределения вероятности п.п.м. множества несущих

Распределения вероятностей п.п.м. множества несущих оценивают итеративным методом, начиная с распределения п.п.м. одиночной несущей, описанного выше. Оценка основана на принципе, что распределение п.п.м. для каждого передатчика ПЗС одно и то же, и что передачи ПЗС статически независимы.

Процесс генерации п.п.м. описан алгоритмически, поскольку генерация распределений с помощью компьютера является только практической задачей. Считается, что два распределения п.п.м. существуют в дискретной форме как массив значений, известных как  $P_{n.n.m.1}$  и  $P_{n.n.m.2}$ . Заметим, что на значения п.п.м. ссылаются через массив посредством индекса, а значение вероятности, связанное с отдельной п.п.м., является значением в массиве по этому индексу.

Третий массив,  $P_{n.n.m.3}$ , создается с достаточным диапазоном индексов, чтобы обеспечить значения п.п.м. в диапазоне от наименьшего среди входных распределений значения до суммы наибольших значений во входных распределениях. В этом третьем массиве все значения установлены в ноль. Следующее выражение затем выполняется для всех значений индексных указателей для получения единого распределения п.п.м.

$$\sum_{i=0}^{I_{max}} \sum_{j=0}^{J_{max}} P_{n.n.m.3}(n.n.m_i + n.n.m_j) + = P_{n.n.m.1}(n.n.m_i) \cdot P_{n.n.m.2}(n.n.m_j). \quad (37)$$

Следовательно, распределение п.п.м. для двух несущих получается таким образом из распределения для одиночной несущей. Распределения множества несущих получаются из соответствующей комбинации распределений для меньшего числа несущих. Например, распределение пяти несущих может быть получено из объединения распределений 2 и 3 несущих или 4 и 1 несущей согласно методу, описанному выше.

## 8 Определение вероятности передачи ПЗС

Вероятность существования одного или более передатчиков ПЗС в данный отрезок времени оценивается с использованием распределения Пуассона. Формула для нее описана в § 5. Это позволяет распределению вероятности п.п.м. для  $n$  несущих быть обусловленным фактической вероятностью того, что  $n$  передатчиков будут активны. Форма отдельного распределения Пуассона определяется переменной  $\Lambda$ , ее часто называют интенсивностью трафика.

Уровни интенсивности трафика, относящиеся к определению потенциала помех от систем ПСС, оцениваются в виде доли общего трафика, передаваемого на космическую станцию ПСС, который создается в локальной области подвижной станции, защита которой требуется. Напоминая, что практические реализации системы ограничивают максимальное значение  $\Lambda$  в распределении Пуассона числом 0,4, ответ на воздействие данной процентной доли общего трафика достигается уменьшением максимального значения  $\Lambda$  на тот же процент.

Например, если ожидалось, что трафик, созданный в локальной зоне подвижной станции, будет в той же пропорции, что и отношение локальной зоны ко всей зоне луча спутника LEO (0,002), то следует использовать значение  $\Lambda = 0,0008$ . На практике следует сделать его до 50 раз больше, чтобы учесть географические эффекты коррекции.

## 9 Вычисление вероятности превышения

Предшествующие статистические выводы можно совместить для определения вероятности превышения для порогов отдельных п.п.м. и уровней локальной интенсивности трафика ПЗС. Рекомендуется, чтобы выражение, содержащееся в этом разделе, оценивалось для диапазона этих параметров, из-за диапазона неопределенности, существующего для каждого параметра. Следующее выражение следует использовать для определения значения вероятности превышения, связанного с этими параметрами.

$$P_e(\Lambda, \tau) = \sum_{i=1}^{N_r} \frac{\Lambda^n}{n!} \cdot e^{-\Lambda} \cdot \left( 1 - \sum_{-\infty}^{\tau} P_{n.p.m.n}(n.p.m.) \right). \quad (38)$$

### Дополнение 1 к Приложению 2

#### Пример применения методики вычисления

##### 1 Введение

В этом Дополнении показан пример применения методики, содержащейся в данной Рекомендации. Отдельный рассматриваемый тип ПЗС имеет следующие важные характеристики:

- максимальная э.и.и.м. 9 дБВт;
- ширина полосы частот модуляции < 4 кГц;
- частота передачи около 150 МГц;
- рабочая ширина полосы ПСС около 2 МГц.

Описание метода динамического присвоения каналов, предложенного для систем ПСС, работающих в полосе частот ниже 1 ГГц, приводится с последующими результатами вычислений, описанными в этой методике.

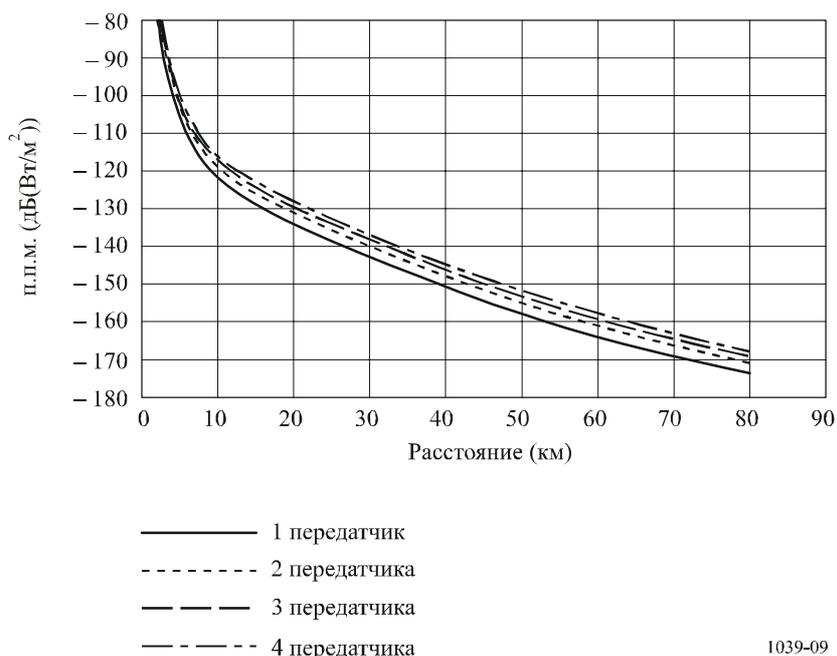
В примере допускается следующая изоляция между передатчиком ПЗС и приемником ПС для смещений по частоте около рабочей частоты подвижного приемника. Для передач ПЗС, смещенных на частоту большую, чем 12,5 кГц от частоты подвижного приемника, допускается изоляция в 23 дБ.

Разнос (кГц)	Изоляция (дБ)
0	0
2,5	0
5,0	0
7,5	2
10,0	8
12,5	23

## 2 Вычисление контура защиты

Если даны модель потерь распространения и переданная ПЗС э.и.и.м., можно вычислить п.п.м. как функцию расстояния, как описано в § 4 Приложения 2. В этом примере используется значение  $p = 1\%$ . На рисунке 9 изображена п.п.м. как функция расстояния для одного из четырех одновременно действующих передатчиков ПЗС. Четыре является значением, выбранным для  $N_b$ , ожидаемого максимального числа передатчиков на отдельной частоте, как описано в § 5 Приложения 2.

РИСУНОК 9  
п.п.м. как функция расстояния



1039-09

Из рисунка 9 видно, что критерий защиты величиной в  $-140$  дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · 4 кГц)) был бы превышен:

- одним передатчиком в пределах 27 км;
- двумя передатчиками в пределах 30 км;
- тремя передатчиками в пределах 32 км;
- четырьмя передатчиками в пределах 34 км.

Таким образом, координационный контур был бы определен значением 34 км для критерия защиты в  $-140$  дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · 4 кГц)).

В случаях, где возможно, что критерий защиты будет превышен, необходимо определить вероятность этого события. Это делается с использованием вероятностного анализа, описанного в § с 6 по 9 Приложения 2.

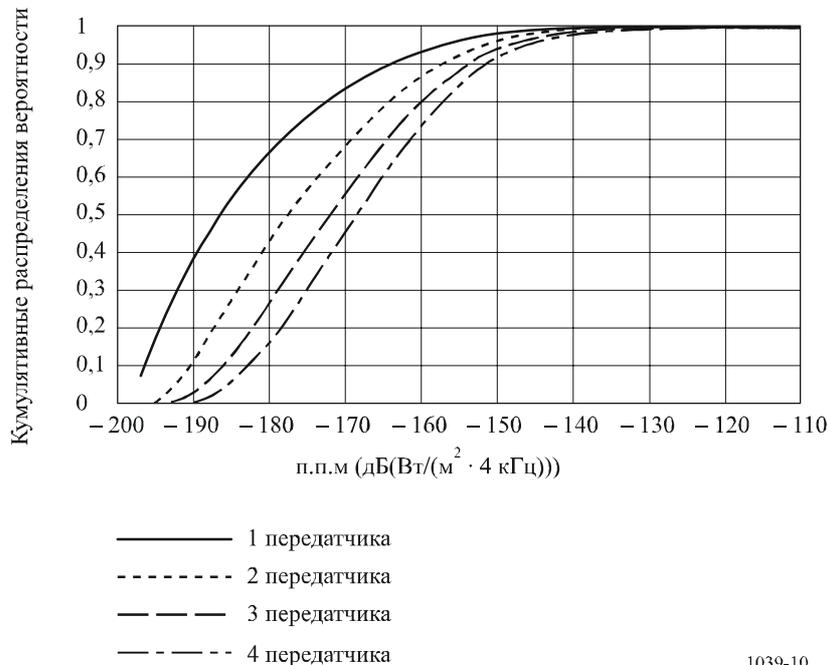
## 3 Распределения п.п.м.

Результаты полученного распределения вероятности п.п.м. на основе переданной от ПЗС э.и.и.м. 9 дБВт показаны на рисунке 10 для 1, 2, 3, и 4 несущих. Это распределение было проведено по координационному контуру размером 80 км, значение, которое было выбрано для критерия защиты, составляющего  $-150$  дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · 4 кГц)). Заметим, что результаты показаны в виде кумулятивных функций распределения. Наименьшие п.п.м. в кумулятивной функции распределения составляют

порядка  $-197$  дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · 4 кГц)). Это значение является комбинацией  $-174$  дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · 4 кГц)) п.п.м., полученной из модели распространения, и  $23$  дБ смещенной по частоте изоляции.

РИСУНОК 10

Кумулятивные распределения вероятности п.п.м.  
для 1, 2, 3 и 4 передатчиков ПЗС



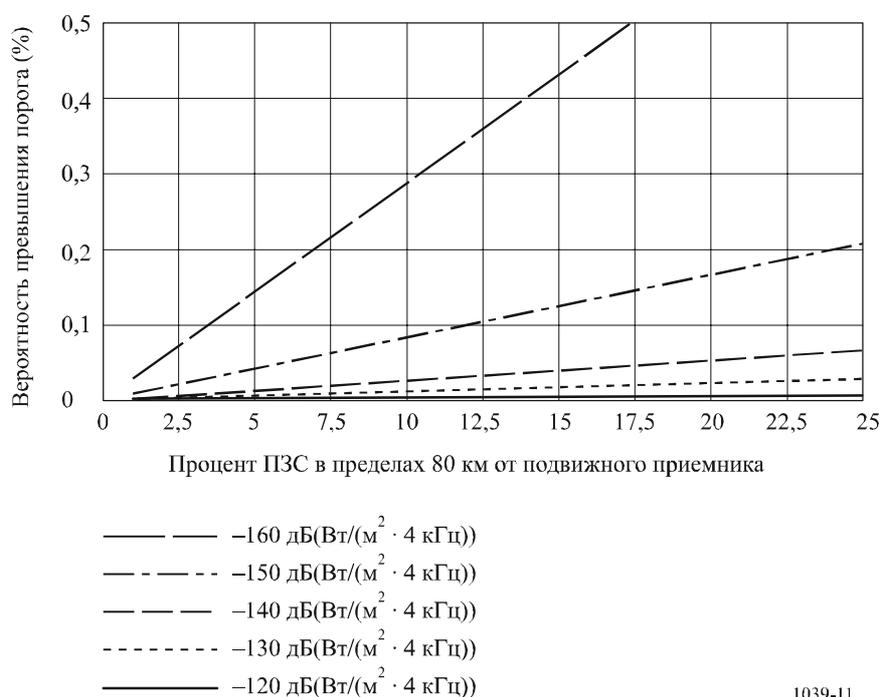
Можно определить вероятность того, что критерий защиты плотности потока мощности не будет превышен, когда действуют  $n$  передатчиков, получив кумулятивную функцию распределения, вычисленную для этой плотности потока мощности для  $n$  несущих. Вероятность того, что порог превышен, равна единице минус это значение. Вероятность того, что могут возникнуть помехи, должна быть обусловлена вероятностью того, что  $n$  передатчиков активны, как описывается в следующем разделе.

#### 4 Вероятность помех

Фактическая вероятность помех, действующих на отдельный приемник, зависит от полной доли трафика ПСС, оказывающегося внутри локальной зоны приемника. На рисунке 11 показана доля трафика, которая должна возникнуть в локальной зоне подвижного приемника, чтобы создать данную вероятность помех. К примеру, если установленным критерием защиты является п.п.м. значением в  $-130$  дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · 4 кГц)), 90% всех ПЗС должно было бы находиться в пределах 80 км от приемника, прежде чем вероятность помех достигла бы 1%.

РИСУНОК 11

Вероятность превышения порога как функции процентной доли населения пользователей ПСС в пределах 80 км от подвижного приемника



1039-11

Дополнительным способом рассмотрения этих результатов является тот, при котором система ПСС, работающая при высотах орбит порядка 700–900 км, будет иметь зону обслуживания одиночного спутника, составляющую приблизительно 5000 км в диаметре. Зона радиусом 80 км, описанная в этом примере, составляет  $(80 \times 2/5000)^2 = 0,1\%$  от зоны обслуживания спутника. Если бы ПЗС были равномерно распределены внутри зоны обслуживания, ожидалось бы, что 0,1% ПЗС находятся в пределах зоны 80 км, окружающей подвижный приемник и что, как видно из рисунка 11, критерий помех, составляющий  $-130 \text{ дБ}(\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot 4 \text{ кГц}))$ , был бы превышен только на 0,0001% времени. Если бы все ПЗС были распределены так, что область 80 км, окружающая подвижный приемник, произвольным образом содержала бы значение в 20 раз превышающее количество равномерно распределенных ПЗС, то критерий, составляющий  $-130 \text{ дБ}(\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot 4 \text{ кГц}))$ , был бы превышен всего лишь на 0,0022% времени. Вывод заключается в том, что вероятность превышения критерия в  $-130 \text{ дБ}(\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot 4 \text{ кГц}))$  очень мала, даже если сделаны очень консервативные допущения, используемые для распределений ПЗС.

### Приложение 3

#### Статистическое моделирование совместного использования частот станциями в ПС и земными станциями НГСО ПСС с распределениями на первичной основе (Земля-космос) в полосе ниже 1 ГГц

##### 1 Введение

В этом Приложении описываются методы, которыми смоделированные передатчики земных станций ПСС используют спектр совместно с ПС. Приводятся статистические модели для потенциальных помех приемникам ПС от передатчиков земных станций ПСС и для доступности каналов Земля-космос, когда ПСС используют частоты совместно с системами ПС.

Подвижные службы в полосе частот ниже 1 ГГц в основном характеризуются голосовыми несущими и несущими данных, которые могут быть преобразованы модуляцией в аналоговую или цифровую форму и присвоены на периодической сетке каналов. Используемые разнесения каналов включают 6,25 кГц, 12,5 кГц, и 25 кГц. Системы ПСС, которые совместно использовали бы частоты, проводили бы передачи Земля-космос с использованием кратковременных последовательностей сигналов на нерегулярной основе с периодами низкой загрузки. В Приложении 2 данной Рекомендации отмечается, что длины последовательностей сигналов могут достигать 500 мс, и предложена длительность времени 1% в 1–15 мин. Системы ПСС в полосе ниже 1 ГГц могут использовать алгоритм динамического присвоения каналов (например, как описано в Приложении 4), который позволяет космической станции идентифицировать эти каналы как не занятые подвижными станциями, которые совместно используют спектр. Приемник на спутнике наблюдает за всей совместно используемой полосой частот и определяет, какие из сегментов используются в данный момент системой ПС или для линий вверх НГСО ПСС. Со сканирующим полосу приемником на борту спутника существует очень малая вероятность возникновения помех от ПЗС в приемниках подвижных служб. Есть, однако, несколько ситуаций, когда в методе динамического присвоения каналов не удалось бы идентифицировать действующий канал ПС:

- уровень мощности ПС ниже порога обнаружения сканирующего полосу приемника спутника;
- препятствие на трассе от передатчика ПС к спутнику такое, что уровень принимаемого сигнала не достаточно высок, чтобы быть обнаруженным;
- передатчик ПС начинает функционирование во время передачи ПСС на канале, который предварительно был измерен как свободный канал.

В методике в § 2 этого Приложения предусмотрено вычисление вероятности помех в приемнике ПС от передач ПЗС внутри одиночной системы ПСС без использования метода динамического присвоения каналов.

Другая вероятность взаимных помех – передачи ПС, создающие помехи в приемнике космической станции ПСС. Со сканирующим полосу приемником ПСС, идентифицирующим свободные каналы Земля-космос для использования ПЗС, этого типа помех можно избежать. В параграфе 3 этого Приложения предложен статистический метод, который может быть использован для обеспечения гарантии нахождения достаточного числа свободных каналов для переноса передач ПСС Земля-космос. Однако остается возможность начала функционирования передатчика ПС на ранее свободном канале в течение короткого интервала передачи ПЗС на этом канале и, вследствие этого, потенциального вызова помех в приемнике космической станции.

## **2 Статистическое моделирование помех от ПЗС НГСО ПСС в станциях подвижных служб**

В следующей статистической модели определяется вероятность помех без использования динамического присвоения каналов. Этим допущением худшего случая обеспечивается верхняя граница фактической вероятности помех для одиночной сети НГСО ПСС с динамическим присвоением каналов.

Входные параметры:

- а) План формирования каналов подвижной службы (25, 12,5 или 6,25 кГц)

Используется для определения центральной частоты подвижной связи и ширины полосы промежуточной частоты (IF) приемника, как показано в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2

## Типичные планы формирования каналов подвижной службы

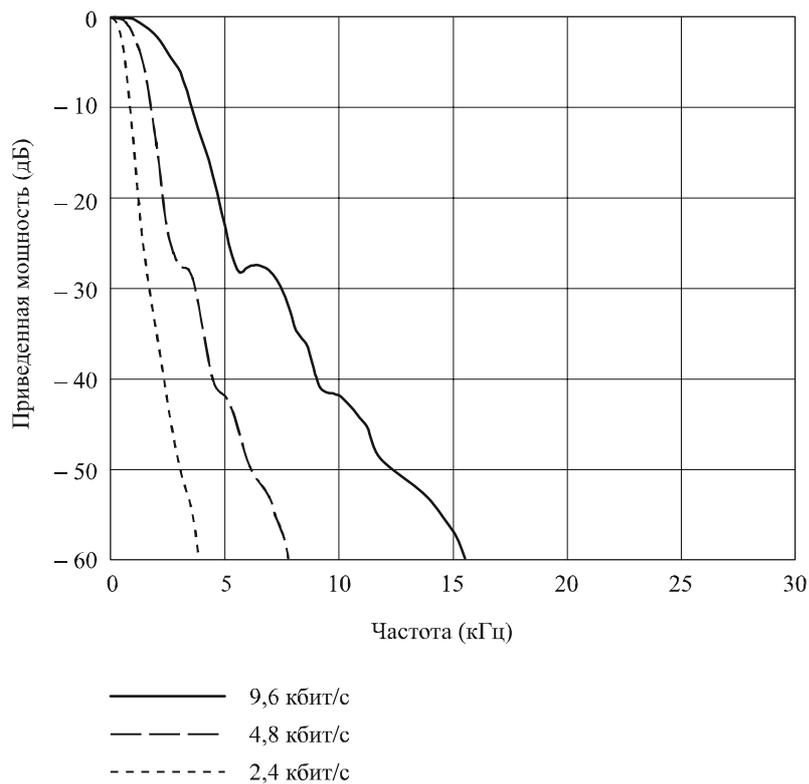
План формирования каналов (кГц)	Ширина полосы ИФ (кГц)
25	16
12,5	8
6,25	4

б) Скорость передачи данных на линии вверх ПЗС (9,6, 4,8, или 2,4 кбит/с)

Используется для определения спектра передачи ПЗС, как показано на рисунке 12, и мощности передатчика, как показано в таблице 3.

РИСУНОК 12

## Маски передаваемых сигналов ПЗС



*Примечание 1.* – Маски показаны для четырехфазной фазовой модуляции со сдвигом (offset-QPSK modulation). Можно использовать другие типы. При разработке рекомендуемого МСЭ-R шаблона следует использовать рекомендуемую маску сигнала.

ТАБЛИЦА 3

## Пример мощностей передатчиков ПЗС

Скорость передачи данных (кбит/с)	Мощность передатчика <sup>(1)</sup> (Вт)
9,6	7
4,8	3,5
2,4	1,75

<sup>(1)</sup> Мощность передатчика, которая обеспечивает необходимую принимаемую спутником мощность в канале Земля-космос

с) Распределение ПЗС (равномерное или кластерное)

В равномерном распределении ПЗС моделируются как равномерно распределенные по территории внутри луча линии вверх спутника ПСС. В кластерном распределении ПЗС помещаются внутрь луча спутника с плотностью вероятности, приблизительно пропорциональной плотности популяции.

д) Выбор канала ПЗС (случайный или промежуточный)

Для алгоритма случайного выбора каналы линии вверх ПСС выбираются случайно на сетке 2,5 кГц в ширине всей полосы частот для совместного использования (1 МГц, например). Для алгоритма промежуточного выбора каналы линии вверх ПСС ограничены промежуточными положениями между каналами подвижной службы.

Для данного набора входных параметров выполняется достаточное число испытаний 1/2-с, чтобы гарантировать, что вычисленная вероятность помех является достоверной. (Число испытаний подразумевается достаточным, когда удваивание числа испытаний значительно не меняет вероятность помех.) Для каждого испытания 1/2-с выполняются следующие шаги:

*Шаг 1:* Случайно выбирается местоположение передатчика подвижной службы как центр одного из 20 самых населенных городов внутри луча линии вверх спутника ПСС. (Можно подобрать ряд самых населенных городов, чтобы он был характерным для распределения населения внутри луча линии вверх спутника ПСС. Характерная зона покрытия луча спутника составляет 12 миллионов км<sup>2</sup>.)

*Шаг 2:* Случайно выбирается местоположение приемника подвижной службы с использованием кругового массового распределения от 0 км до границы зоны покрытия ( $R_C$ ) от местоположения передатчика. (Круговое массовое распределение определяет, что приемник ПС равной степени вероятности будет находиться где угодно внутри круговой зоны покрытия.)

*Шаг 3:* Случайно выбирается центральная частота линии подвижной службы,  $CF_{MS}$ , в ширине полосы 1 МГц на основе входного плана формирования каналов подвижной службы.

*Шаг 4:* Из входного плана формирования каналов определяется ширина полосы IF приемника подвижной службы,  $B_{IF}$ .

*Шаг 5:* Вычисляется расстояние между передатчиком ПС и приемником ПС,  $d_{MS}$ .

*Шаг 6:* Каждую 1/2-с случайно выбираются сто двадцать восемь действующих ПЗС внутри луча спутника с использованием входного распределения, либо равномерного либо кластерного. Это соответствует более чем 22 миллионам передач ПЗС в день из зоны покрытия луча, для которой допускается, что система НГСО ПСС функционирует при 100% теоретической производительности. Это еще одно допущение худшего случая. (Выбирается число действующих ПЗС для обеспечения такого числа сообщений на линии вверх, которые нагружают систему НГСО ПСС до расчетной мощности. Это число может изменяться в зависимости от различных конструкций сетей ПСС.)

*Шаг 7:* Вычисляются расстояния  $d_{MES-MS}$  от каждой из ПЗС до приемника подвижной службы.

**Шаг 8:** Случайно выбираются центральные частоты  $CF_{MES}$  в полосе частот 1 МГц для каждой из ПЗС с использованием выбранного входного метода, равномерного или промежуточного.

**Шаг 9:** Определяется спектр эффективной изотропно излучаемой мощности ПЗС  $\varepsilon_{и.и.м.0}(f)$  на основе входной скорости передачи данных.

$\varepsilon_{и.и.м.0}(f)$ : нормализованная спектральная плотность мощности для передач ПЗС, математическое представление соответствующей кривой на рисунке 12.

**Шаг 10:** Вычисляется отношение несущая-шум-плюс-помехи как описано далее:

$$C/(N+I) = \frac{10^{PR/10} \times k T B_{IF} \times (R_C)^4}{d_{MS}^4} + \int_{CF_{MS} - \frac{B_{IF}}{2}}^{CF_{MS} + \frac{B_{IF}}{2}} \sum_{MESs} \frac{\beta \varepsilon_{и.и.м.0}(CF_{MES} - f)}{d_{MES-MS}^4} df \quad (39)$$

где:

$PR$ : защитное отношение (коэффициент помехозащищенности) для приемника ПС (дБ)

$k$ : постоянная Больцмана ( $1,38 \times 10^{-23}$  Дж/К)

$T$ : шумовая температура приемника ПС (К)

$B_{IF}$ : ширина полосы IF приемника ПС (Гц)

$R_C$ : расстояние от базовой станции ПС до границы области охвата (м)

$d_{MS}$ : расстояние (м) между передатчиком ПС и приемником ПС

$CF_{MS}$ : центральная частота канала ПС (Гц)

$MESs$ : число действующих передатчиков ПЗС

$\beta$ :  $(h_{MES})^2 \times h_{MS}^2 \times g_{MS} \times p_{MES} \times D_{MS}$

$h_{MES}$ : высота антенны ПЗС (м)

$h_{MS}$ : высота принимающей антенны ПС (м)

$g_{MS}$ : числовой коэффициент усиления приемной антенны ПС

$p_{MES}$ : мощность передатчика ПЗС (Вт)

$D_{MS}$ : коэффициент поляризационной селекции антенны приемника ПС относительно сигналов ПЗС (числовой, меньше или равен нулю)

$\varepsilon_{и.и.м.0}(f)$ : спектральная плотность эффективной изотропно излучаемой мощности ПЗС, как определенная в Шаге 9, выше (Вт/Гц)

$CF_{MES}$ : центральная частота отдельно взятого передатчика ПЗС (Гц)

$f$ : частота (Гц)

$d_{MES-MS}$ : расстояние от передатчика ПЗС до приемника ПС (м).

В уравнении для  $C/(N+I)$  используется модель распространения, содержащаяся в уравнении (31), со средними уровнями напряженности поля, т. е. с  $p = 50\%$ .

**Шаг 11:** Если  $C/(N+I)$  меньше, чем планируемый порог приемника ПС, то в результате испытания имеются помехи.

Вероятность помех вычисляется как отношение числа испытаний, окончившихся помехами, к общему числу испытаний. Результатом является вероятность помех в приемнике ПС, если он должен был принимать передачи последовательно.

При случаях с низкой загрузкой трафика ПС, вероятность помех в приемнике ПС уменьшается посредством коэффициента Эрланга для канала.

Моделирование  $C/(N+I)$  со значениями  $p$ , отличными от 50%, требует преобразования уравнения (39), чтобы учесть разновидности потерь на пути с  $p$  и расстоянием, как данные в модели распространения в уравнении (31).

### 3 Моделирование помех от станций подвижной службы в спутниках НГСО ПСС

В узкополосных сетях НГСО ПСС будут использоваться методы динамического присвоения каналов, чтобы избежать использования действующих каналов станциями подвижной службы. Следовательно, пока система динамического присвоения каналов будет корректно идентифицировать все действующие каналы ПС, на линиях вверх НГСО ПСС начнутся передачи только по тем каналам, которые являются свободными от потенциального возникновения помех от передач подвижных служб. В этой модели исследуется, существует ли достаточное число неиспользуемых, свободных каналов, доступных для обеспечения операций НГСО ПСС.

При моделировании определяется число станций подвижной службы в луче спутника, которые могут функционировать в совместно используемом спектре и при этом все еще допускать наличие в среднем как минимум шести каналов на спутник для линий вверх НГСО ПСС. В допущении худшего случая предусмотрена нижняя граница числа станций подвижной службы, которые могут функционировать в совместно используемом спектре, притом что все еще позволяют сети НГСО ПСС функционировать на уровне 36% от теоретической производительности. (Число каналов линии вверх на спутник выбирается так, чтобы позволить спутнику функционировать на проектной мощности.)

Входные параметры:

а) План формирования каналов подвижной службы (25, 12,5 или 6,25 кГц)

Используется для определения сетки центральных частот станции ПС и спектра излучения подвижной службы, как показано на рисунке 13.

б) Скорость передачи данных на линии вверх ПЗС (9,6, 4,8, или 2,4 кбит/с)

Используется для определения сетки центральных частот линии вверх НГСО ПСС, как показано в таблице 4.

с) Величина совместно используемого спектра (1 МГц или 5 МГц)

д) Средний коэффициент действия станции подвижной службы (0,01, 0,003, 0,001, или 0,0003 E).

РИСУНОК 13

## Маски передаваемых сигналов станции подвижной службы

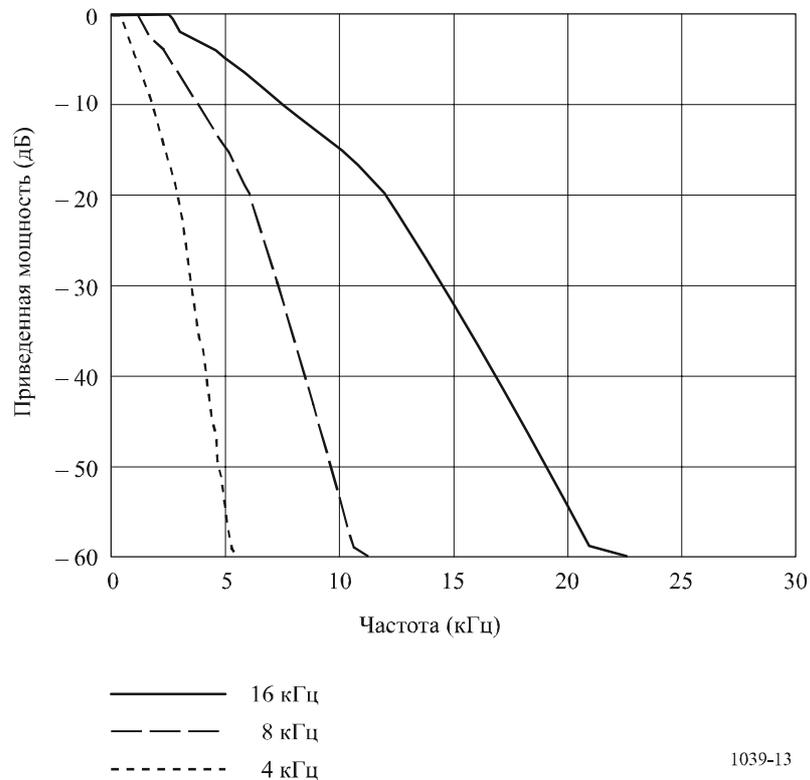


ТАБЛИЦА 4

## Типичные ширины полосы каналов линии вверх

Скорость передачи данных (кбит/с)	Ширина полосы канала (кГц)
9,6	15
4,8	10
2,4	5

Для каждого набора входных параметров выполняются следующие шаги:

*Шаг 1:* Первоначальное число станций подвижной службы устанавливается равным 1000.

*Шаг 2:* Станции подвижной службы случайно распределяются по зоне, покрываемой лучом линии вверх спутника.

*Шаг 3:* Определяется спектр эффективной изотропно излучаемой мощности  $[э.и.и.м._0(f)]_{MS}$  передатчика подвижной службы на основе входного плана формирования каналов подвижной службы

$$[э.и.и.м._0(f)]_{MS} = э.и.и.м._{MS} \times PSD_0(f), \quad (40)$$

где:

$э.и.и.м._{MS}$ : эффективная изотропно излучаемая мощность станции подвижной службы

$PSD_0(f)$ : нормализованная спектральная плотность мощности для передач ПС, математическое представление соответствующей кривой на рисунке 13.

*Шаг 4:* Определяется ширина полосы пропускания ( $BW$ ) канала линии вверх спутниковой системы НГСО ПСС на основе входной скорости передачи данных на линии вверх ПЗС.

*Шаг 5:* Для каждого испытания группировка спутников НГСО ПСС случайно чередуется во времени, и выполняется достаточное число испытаний, чтобы убедиться, что вычисленное число станций подвижной службы достоверно. Выполняются следующие шаги:

*Подшаг 1:* Для каждой станции подвижной службы случайно выбирается центральная частота передачи  $CF_{MS}$  во введенной величине спектра, 1 МГц или 5 МГц, на основе входного плана формирования каналов подвижной службы.

*Подшаг 2:* Для каждой станции подвижной службы и для каждого спутника НГСО ПСС вычисляется доплеровский сдвиг частоты,  $\Delta f_{Doppler}$ , с учетом характеристических скоростей передающей и принимающей аппаратуры. Доплеровский сдвиг, наблюдаемый на приемнике, описывается следующим образом:

$$\Delta f_{Doppler} = (v/c) F_0, \quad (41)$$

где:

$\Delta f_{Doppler}$ : доплеровский сдвиг (Гц)

$v$ : характеристическая скорость между передатчиком и приемником (м/с)

$c$ : скорость света ( $3 \times 10^8$  м/с)

$F_0$ : частота передачи (Гц).

*Подшаг 3:* Для каждого спутника НГСО ПСС и для каждой центральной частоты канала линии вверх НГСО ПСС вычисляется  $CF_{CH}$  во введенной величине совместно используемого спектра, отношение помехи-шум вычисляется как описано далее:

$$(I/N)_{CH} = \frac{\varepsilon}{BW} \cdot \int_{CF_{CH} - \frac{BW}{2}}^{CF_{CH} + \frac{BW}{2}} \sum_{MSs} \left( \text{э.и.и.м.}_0(CF_{MS} + \Delta f_{Doppler} - f) \right)_{MS} df, \quad (42)$$

где:

$$\varepsilon = (G/T)_{SAT} / [(Alt_{SAT} \times F \times (4\pi/c))^2 \times k BW] D_{SAT}, \quad (43)$$

где:

$(G/T)_{SAT}$ : усиление при прохождении вдоль оси антенны спутника ПСС (числовая величина), деленное на шумовую температуру ( $K^{-1}$ )

$Alt_{SAT}$ : высота спутника (м)

$F$ : центральная частота канала (Гц)

$c$ : скорость света ( $3 \times 10^8$  м/с)

$k$ : постоянная Больцмана ( $1,38 \times 10^{-23}$  Дж/К)

$BW$ : ширина полосы пропускания приемника спутника ПСС (Гц)

$D_{SAT}$ : коэффициент поляризационной селекции приемника спутника ПСС относительно сигналов ПС (числовой коэффициент, меньше или равен нулю).

В уравнении для  $I/N$  используется космическая модель распространения.

*Подшаг 4:* Для каждого спутника НГСО ПСС число свободных каналов вычисляется как их сумма с  $I/N < 10$  дБ.

*Шаг 6:* Если минимальное из вычисленных количеств свободных каналов больше шести, то число станций подвижной службы увеличивается на 1000 и вышеописанная процедура повторяется, начиная с шага 2.

*Шаг 7:* Процесс завершается, когда находится максимальное число станций ПС, которые все еще допускают наличие шести свободных каналов.

## Дополнение 1 к Приложению 3

### Примеры применения статистических моделей

#### 1 Введение

В этом Дополнении приведены примеры применения двух статистических моделей, содержащихся в Приложении 3 к настоящей Рекомендации.

Приводимая в примере используемая сеть НГСО ПСС обладает следующими характеристиками: 48 спутников в восьми орбитальных плоскостях, отклоняющихся на  $50^\circ$  от экватора; каждая плоскость содержит шесть равноудаленных спутников на круговых орбитах высоты 950 км; мультиплексирование с частотным разделением узкой полосы для передач Земля-космос; функционирование в режиме с промежуточным накоплением; передачи внутри кадров по 500 мс, содержащих цифровые пакеты; использование спутником сканирующей полосы приемника, чтобы реализовать DCAAS, которая присваивает неиспользуемые каналы земным станциям для передач на линии вверх; функционирование на частоте 149 МГц; антенна ПЗС высотой 1,5 м, с вертикальной поляризацией и коэффициентом усиления 0 дБ относительно изотропной антенны; и скоростями передачи данных на линии вверх 2,4, 4,8, и 9,6 кбит/с. Допускается, что одна система ПСС функционирует с максимальной производительностью в специфической географической области (для этого примера, 22 миллиона пакетных передач Земля-космос в день по Соединенным Штатам Америки и прилегающим к ним районам).

СПС моделируются со следующими характеристиками: система с аналоговой, частотной модуляцией (или система с цифровой модуляцией, двоичной фазовой манипуляцией); вертикально поляризованная антенна, имеющая коэффициент усиления 0 дБ относительно изотропной антенны по направлению к спутнику; минимальная мощность принимаемого сигнала предполагается равной  $-140$  дБВт; и ширины полосы каналов 6,25, 12,5 и 25 кГц с низкой загрузкой Эрланга на отдельных каналах. Технические характеристики, используемые в модели, относятся к известным системам СПС, функционирующим в полосах частот ниже 1 ГГц. Для анализа совместного использования частот, системы СПС моделируются как функционирующие в 20 самых населенных городах Соединенных Штатов Америки.

#### 2 Потенциальные помехи от земных станций НГСО ПСС в СПС

Расстояние между СПС и ее базовой станцией моделируется круговым массовым распределением от 0 до 20 км с 20 км, соответствующими пороговой принимаемой мощности. Защитное отношение для приемника СПС устанавливается равным 10,7 дБ, а его шумовая температура – равной 3890 К. Высота антенны приемника СПС составляет 3,22 м. Антенна приемника СПС и передающая антенна ПЗС имеют одинаковую поляризацию, поэтому коэффициент поляризационной селекции устанавливается равным 1,0. Рассматриваются как равномерное, так и кластерное распределения земных станций ПСС. В моделировании используются сто двадцать восемь активных ПЗС. Совместно используемую полосу частот шириной 1 МГц предполагается рассматривать с алгоритмами как случайного, так и промежуточного выбора каналов линии вверх.

С выбранными значениями параметров уравнение для  $C/(N + I)$  приобретает вид:

$$C/(N + I) = \frac{10^{3,204}}{d_{MS}^4} \cdot \left( 10^{-15,07} + \int_{CF_{MS} - \frac{B_{IF}}{2}}^{CF_{MS} + \frac{B_{IF}}{2}} \sum_{MESs} \frac{10^{2,815} \times \text{э.и.и.м.}_0(CF_{MES} - f)}{d_{MES-MS}^4} df \right) \quad (44)$$

В таблице 5 показана верхняя граничная вероятность помех, вычисленная программой моделирования для исследуемого ряда параметров. (Вероятности, вычисленные с использованием модели, являются вероятностями помех, если не используется система DCAAS. Значит, они являются верхними граничными значениями вероятности помех. Фактическими вероятностями помех, если бы использовалась DCAAS, являлись бы вероятности из таблицы 5, умноженные на вероятность того, что система DCAAS не обнаруживает действующий канал,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ , или, например, меньше.) Значимость необработанных вероятностей может быть сложно интерпретировать, поэтому они преобразованы в среднее время между событиями помех, показанное в таблице 6. Средние времена между событиями помех в таблице 6 получены из обратных величин вероятности в таблице 5  $\times 0,5$  с, период передач ПЗС, используемый в модели. Результаты в таблицах 5 и 6 приведены для условия, что СПС функционирует непрерывно. В таблице 7 показано среднее время между событиями помех для типичного подвижного наземного пользователя с 0,01 Е трафика.

ТАБЛИЦА 5  
Вероятность помех

Сухопутное подвижное формирование каналов (кГц)	Скорость передачи данных на линии вверх ПЗС (кбит/с)	Равномерное распределение		Кластерное распределение	
		Случайный выбор	Промежуточ- ный выбор	Случайный выбор	Промежуточ- ный выбор
25	9,6	0,00038	0,000055	0,0013	0,00020
	4,8	0,00025	0,0000058	0,00088	0,000022
	2,4	0,00016	0,00000093	0,00052	0,0000034
12,5	9,6	0,00023	0,00019	0,00075	0,00064
	4,8	0,00012	0,000020	0,00039	0,000069
	2,4	0,000067	0,0000024	0,00023	0,0000084
6,25	9,6	0,00014	0,00015	0,00049	0,00051
	4,8	0,000094	0,00011	0,00032	0,00037
	2,4	0,000066	0,000074	0,00023	0,00026

ТАБЛИЦА 6

Среднее время худшего случая (наименьшее) между событиями помех

Сухопутное подвижное формирование каналов (кГц)	Скорость передачи данных на линии вверх ПЗС (кбит/с)	Равномерное распределение		Кластерное распределение	
		Случайный выбор (мин.)	Промежуточный выбор	Случайный выбор (мин.)	Промежуточный выбор
25	9,6	22	3 час.	7	42 мин.
	4,8	34	24 час.	10	7 час.
	2,4	50	150 час.	16	41 час.
12,5	9,6	36	44 мин.	11	13 мин.
	4,8	70	7 час.	22	120 мин.
	2,4	130	60 час.	36	17 час.
625	9,6	60	55 мин.	17	17 мин.
	4,8	90	75 мин.	26	23 мин.
	2,4	130	120 мин.	36	32 мин.

ТАБЛИЦА 7

Среднее время между событиями помех для типичного пользователя с кнопкой переключения с приёма на передачу (0,01 E)

Сухопутное подвижное формирование каналов (кГц)	Скорость передачи данных на линии вверх ПЗС (кбит/с)	Равномерное распределение		Кластерное распределение	
		Случайный выбор (час.)	Промежуточный выбор	Случайный выбор (час.)	Промежуточный выбор
25	9,6	37	10 дней	11	69 час.
	4,8	56	100 дней	16	26 дней
	2,4	83	21 месяц	27	68 дней
12,5	9,6	60	73 час.	18	22 час.
	4,8	120	29 дней	36	200 час.
	2,4	210	8 месяцев	60	71 день
6,25	9,6	100	92 час.	28	28 час.
	4,8	150	130 час.	43	38 час.
	2,4	210	190 час.	60	53 час.

Для сухопутного подвижного формирования каналов, скоростей передачи данных на линии вверх ПЗС и других параметров, отличных от использованных в данном примере, можно использовать интерполяцию, чтобы определить приблизительные значения вероятностей помех и средних периодов времени между событиями помех.

### 3 Потенциальные помехи от СПС в спутниках НГСО ПСС

В модели раздела 3 Приложения 3 настоящей Рекомендации выполняется моделирование для определения числа СПС внутри луча спутника линии вверх ПСС, которые могут функционировать в совместно используемом спектре и все еще обеспечивать, по меньшей мере, шесть каналов на спутник для линий вверх ПСС. Среднее допущение для одного спутника является допущением худшего случая, так как среднее, взятое по всем видимым спутникам, будет превышать среднее для одного спутника, и, следовательно, обеспечивает нижнюю границу числа СПС, которые могут функционировать в совместно используемом спектре. Зона обслуживания спутника приблизительно имеет размер Соединенных Штатов Америки и прилегающих к ним районов, 12 миллионов км<sup>2</sup>. Значения дополнительных технических параметров, необходимых для этого примера, составляют:

$$G/T \text{ спутника ПСС} = -30,1 \text{ дБ(К}^{-1}\text{)}$$

Коэффициент усиления антенны СПС = 6 дБ относительно изотопной антенны в горизонтальном направлении и 0 дБ относительно изотопной антенны по направлению к спутнику.

Предполагается, что антенна приемника спутника ПСС не имеет поляризационной селекции относительно сигналов СПС, поэтому коэффициент поляризационной селекции устанавливается равным 1,0.

С выбранными значениями параметров уравнение для  $I/N$  принимает вид:

$$(I/N)_{CH} = \frac{10^{6,25}}{BW} \cdot \int_{CF_{CH} - \frac{BW}{2}}^{CF_{CH} + \frac{BW}{2}} \sum_{MSs} \left( \text{э.и.и.м.}_0 (CF_{MS} + \Delta f_{Doppler} - f) \right)_{MS} df. \quad (45)$$

Были рассмотрены четыре коэффициента средней активности СПС, 0,01, 0,003, 0,001, и 0,0003 Е (Эрланг является единицей измерения интенсивности трафика. В данном контексте он является единицей измерения использования СПС). Это соответствует средним величинам в 432, 130, 43, и 13 мин./месяц передач СПС, соответственно. Если предполагать равным 0,4 коэффициент активности речи, эквивалентные длительности разговоров будут равны 1080, 325, 108, и 33 мин./месяц. Заметим, что средние величины взяты по всем СПС и на протяжении всего месяца.

В таблице 8 показаны нижние границы числа СПС в Соединенных Штатах Америки и прилегающих к ним районах, функционирующих в 1 МГц совместно используемого спектра, вычисленные программой моделирования для исследуемого ряда параметров.

ТАБЛИЦА 8

#### Нижнее граничное значение числа СПС в 1 МГц совместно используемого спектра

Сухопутное подвижное формирование каналов (кГц)	Скорость передачи данных ПЗС (кбит/с)	Коэффициент средней активности СПС			
		0,01 Е	0,003 Е	0,001 Е	0,0003 Е
25	9,6	12 000	38 000	120 000	380 000
	4,8	17 000	55 000	170 000	550 000
	2,4	23 000	77 000	230 000	770 000
12,5	9,6	16 000	52 000	160 000	520 000
	4,8	24 000	80 000	240 000	800 000
	2,4	35 000	120 000	350 000	1,2 миллиона
6,25	9,6	18 000	60 000	180 000	600 000
	4,8	35 000	120 000	350 000	1,2 миллиона
	2,4	58 000	190 000	580 000	1,9 миллиона

В таблице 9 показаны нижние границы, предполагая, что совместно используемый спектр составляет 5 МГц. Нижние границы значительно более чем в 5 раз превышают взятые для 1 МГц совместно используемого спектра.

ТАБЛИЦА 9

**Нижнее граничное значение числа СПС в 5 МГц совместно используемого спектра**

Сухопутное подвижное формирование каналов (кГц)	Скорость передачи данных на линии вверх ПЗС (кбит/с)	Коэффициент средней активности СПС			
		0,01 E	0,003 E	0,001 E	0,0003 E
25	9,6	110 000	370 000	1,1 миллиона	3,7 миллиона
	4,8	125 000	420 000	1,3 миллиона	4,2 миллиона
	2,4	170 000	570 000	1,7 миллиона	5,7 миллиона
12,5	9,6	115 000	380 000	1,2 миллиона	3,8 миллиона
	4,8	190 000	630 000	1,9 миллиона	6,3 миллиона
	2,4	255 000	850 000	2,6 миллиона	8,5 миллиона
6,25	9,6	120 000	400 000	1,2 миллиона	4,0 миллиона
	4,8	230 000	770 000	2,3 миллиона	7,7 миллиона
	2,4	450 000	1,5 миллиона	4,5 миллиона	15 миллионов

Для значений параметров, не представленных в таблицах, можно использовать интерполяцию, чтобы определить приблизительные значения нижних граничных значений.

**Приложение 4****Использование метода динамического присвоения каналов во избежание частотных помех****1 Введение**

В этом Приложении описывается метод, используемый в сетях НГСО ПСС, для обнаружения открытых каналов в системах наземных служб, функционирующих в одной и той же полосе частот, и в которых можно затем идентифицировать их для использования для передач на линии вверх ПЗС системы ПСС. В то время как элементы DCAAS, приведенные в этом Приложении, являются элементами, используемыми в сети LEOTELCOM-1, планируется, что другие сети ПСС будут использовать подобные системы сканирования полосы частот, которые функционируют главным образом согласно тем же принципам, но могут отличаться своим специфическим применением.

Такой метод предоставляет обоснованную основу, чтобы избежать помех другим совместно использующим частоты наземным службам в той же полосе частот на первичной основе. Название, используемое для описания этого метода – DCAAS, и он успешно используется в спутниковой сети ПСС LEOTELCOM-1. Включена также информация по испытаниям.

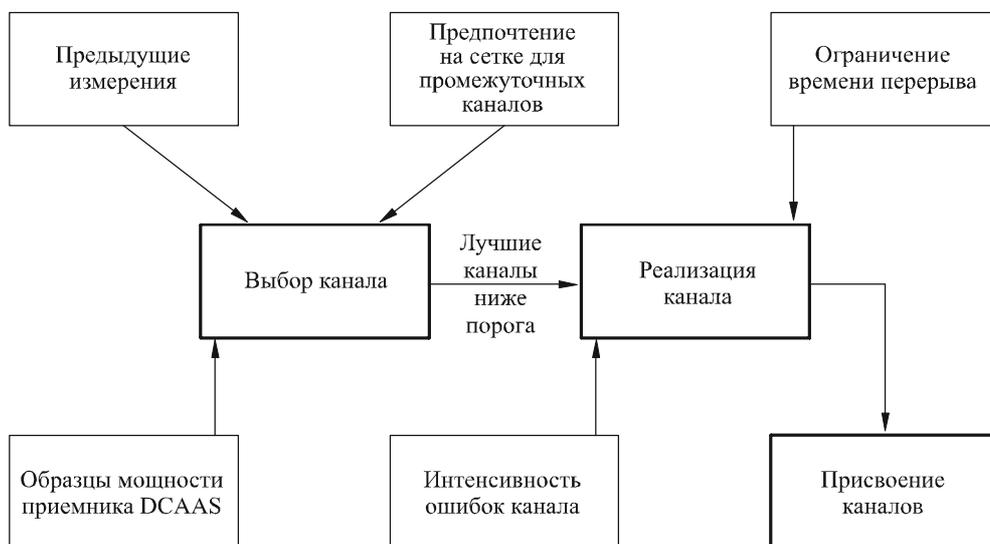
## 2 Функционирование DCAAS

DCAAS состоит из приемника и блока обработки, находящихся на всех спутниках (см. рисунок 14) в группировке. DCAAS сканирует полосу частот линии вверх ПЗС для наземных передач в интервалах по 2,5 кГц, идентифицирует каналы, которые не используются, и присваивает эти каналы для использования линией вверх ПЗС. Цель этого процесса – избежать помех от передач ПЗС в наземных приемниках, т. е. предотвратить передачи ПЗС по активным каналам подвижной связи.

Рисунок 14 является графическим представлением различных факторов, которые влияют на выбор канала и процесс использования, выполняемый при функционировании DCAAS.

РИСУНОК 14

### Функционирование DCAAS



1039-14

### 2.1 Выбор канала

Есть три входных элемента в алгоритм, в котором идентифицируются предпочтительные каналы, доступные при каждом сканировании:

- *Выборка мощности* – Первый критерий выбора предусматривает выборку мощности. Один приемник спутника функционирует в режиме DCAAS и сканирует все каналы в выбранном диапазоне функционирования. Каналы, для которых выборки мощности опускаются ниже определенного порога, объявляются потенциально доступными. Определение порога выборки мощности является сложным решением и поэтому имеет наибольший вес из критериев выбора канала.
- *Предпочтение сетки* – Второй критерий выбора канала называется "предпочтение сетки". В мире существует множество беспроводных систем (включая пейджинговые и сотовые системы), которым присвоены каналы в плане формирования каналов или на сетке 20, 25 или др. кГц. Спутниковая система проектируется так, чтобы отдавать предпочтение каналам, расположенным посередине между этими стандартными наземными сформированными каналами. Это предпочтение имеет больший вес в алгоритме выбора канала, нежели фактор качества, но меньший, чем сложное решение о пороге. В то время как все потенциальные каналы линии вверх исследуются системой DCAAS, каналы, лежащие на известных наземных сетках, исследуются в последнюю очередь.

- *Фактор качества* – В третьем критерии выбора канала рассматриваются измерения выборок мощности, выполненные при нескольких предыдущих операциях сканирования полосы, и он называется фактором качества. Фактор качества является мерой текущего и прошлого уровней мощности канала, как определяется алгоритмом.

При учете всех факторов из доступных каналов выбираются предпочтительные каналы и переходят в область использования каналов системы DCAAS.

Важно отметить, что:

- ПСС может осуществлять передачу, только если она принимает сигнал линии вниз от спутника, в котором говорится о том, какие каналы линии вверх могут быть использованы;
- если система DCAAS не может обнаружить неактивный канал в конкретный момент времени, DCAAS не позволит ПЗС осуществлять передачу.

Наряду со сканированием неактивных каналов процессор DCAAS прогнозирует, какие из доступных каналов наиболее вероятно будут доступными в ближайшем будущем.

## 2.2 Использование каналов

Как только в процессе выбора канала определяются частоты предпочтительных каналов, процесс использования каналов присваивает эти каналы для случайного доступа (передачи захвата/связи) и использования как каналов резервирования (передачи сообщений). Оставшиеся каналы идут в резервную буферную область. Резервная буферная область используется, если время, ограничивающее перерыв в работе канала, истекает для приемников случайного доступа, или если пороги измерения производительности (интенсивности ошибок) превышены.

Переключение каналов для приемников спутников регулируется четырьмя условиями:

- превышение порога интенсивности ошибок приемника случайного доступа;
- превышение порога интенсивности ошибок приемника резервации;
- в процессе выбора канала с использованием данных сканирования DCAAS показывается превышение уровнем мощности порога фактора качества в присвоенном в текущий момент канале;
- остановка таймера, ограничивающего перерыв в работе канала, если он запущен.

Если несколько ПЗС осуществляют передачу на спутник, время, которое нужно спутнику, чтобы перевести используемый канал линии вверх на другую частоту, будет зависеть от корреляции между началом события помех, обнаруженного на спутнике, и процессом сканирования DCAAS. Процесс DCAAS, как используемый одним оператором системы, имеет время повтора, составляющее приблизительно 5 с.

Если несколько ПЗС осуществляют передачу на спутник, время, которое нужно спутнику, чтобы перевести используемый канал линии вверх на другую частоту, проектируется коротким, если порог интенсивности ошибок на этом канале превышен.

Как можно заметить, в DCAAS используются данные из текущего процесса сканирования, чтобы выявить каналы, которые, по-видимому, являются неактивными, затем при сочетании информации из текущего процесса сканирования с информацией из предыдущих процессов сканирования делается прогноз в отношении того, какие из этих доступных каналов, вероятно, останутся неактивными.

## 2.3 Длины сообщений

Внутри группировок систем с быстрой перестройкой частот абонент может произвести только два типа передач: короткую последовательность сигналов или запрос доступа, в канале случайного доступа, или длинную последовательность сигналов передачи сообщений, в канале сообщений. Каждая последовательность сигналов сообщений контролируется особым образом в отношении частоты и длительности передачи. Под контролем DCAAS частота канала случайного доступа будет меняться в соответствии с частыми интервалами, всегда оставаясь на канале, менее всего занятом любым наземным пользователем.

Будучи опознанным внутри системы, абонент может передать или одиночный пакет связи размера 15 байт или запрос на передачу более длинного сообщения.

Если запрошена передача более длинного сообщения, абонент передает запрос на доступ к каналу сообщений и предоставляет данные о полной длине сообщения, подлежащего передаче. Этот запрос канала сам является пакетом размера 15 байт длиной 50 мс. Максимальная длина сообщения, т. е. число байт, подлежащих передаче пользователем в одиночной последовательности сигналов, затем передается обратно абоненту вместе со специфической частотой передачи, полученной из процесса DCAAS. Максимальная допустимая длина сообщения будет использоваться для контроля максимальной длины передачи сообщения абонента – от менее чем от 450 мс до 500 мс на одной частоте передачи. После того как будет иметь место первоначальная установка связи абонент-спутник на канале, используемом как линия порядка случайного доступа, сообщение абонента будет передано на другой частоте.

Если максимальная допустимая длина сообщения меньше, чем все сообщение абонента, сообщение будет передано в нескольких последовательностях сигналов. Частота передачи каждой последовательности сигналов абонента контролируется в процессе DCAAS на спутнике и будет проходить на другой частоте. Таким образом будет контролироваться максимальное время, в течение которого абонент может осуществлять передачу на одной частоте.

### **3 Рассмотрение вероятностей DCAAS**

#### **3.1 Вероятность присвоения активного канала**

В некоторых случаях приемник DCAAS на спутнике вероятно не сможет увидеть наземные подвижные передатчики из-за препятствия, такого как здание, на пути Земля-космос между подвижным передатчиком и спутниками. В этом случае приемник DCAAS может не отреагировать на подвижный передатчик и, следовательно, может присвоить этот активный канал передатчику ПЗС. Вероятность того, что это произойдет, будет варьироваться в зависимости от местоположения и местной топографии.

Другие факторы, влияющие на вероятность присвоения DCAAS активного канала, но которые сложно представить в количественной форме, включают следующее:

- Если полоса частот интенсивно используется наземными подвижными службами, применяющими многократное использование частот, существует высокая вероятность того, что второй подвижный передатчик, видимый спутником, также использует этот же канал, тем самым предохраняя DCAAS от присвоения этого канала.
- Если трасса Земля-космос от подвижного передатчика к спутнику блокирована, существует определенная вероятность того, что наземная трасса между ПЗС и подвижным приемником также блокирована. Можно ожидать, что в областях, где вероятность препятствий на трассе Земля-космос является самой высокой, вероятность препятствий на наземной трассе также высока.
- В алгоритме прогноза в процессоре DCAAS будет оцениваться вероятность того, что его доступные каналы останутся свободными от помех до того, как будет завершено следующее сканирование. При этом учитываются данные с предыдущих процессов сканирования, таким образом, что канал, используемый наземным подвижным передатчиком, который внезапно пропадает за препятствием, вероятно, не будет присвоен, если доступны другие каналы.

Учет всех этих факторов для получения одиночной вероятности присвоения DCAAS активного канала был бы чрезвычайно сложной задачей, и вероятность менялась бы от одной географической области к другой. Однако вычисления помех, в которых использовалась бы эта вероятность, требуют только оценки порядка величины. По этим причинам, вероятность неудачи DCAAS предполагается очень низкой.

#### **3.2 Вероятность передачи ПЗС около подвижного приемника**

Если система DCAAS не видит наземный подвижный приемник и случайно присваивает этот канал для передач ПЗС, это может привести к помехам в подвижном приемнике, в зависимости от числа

факторов, включающих расстояние между ПЗС и подвижным приемником, число ПЗС и вероятность того, что ПЗС будет передавать в тот же время, когда подвижный приемник будет принимать. Эта тема рассматривается в Приложениях 1, 2, и 3.

#### 4 Обзор способов, позволяющих избежать помех с помощью метода DCAAS

ВАРК-92 распределила полосы частот 137–138 МГц (линия вниз) и 148–149,9 МГц (линия вверх) для ПСС. Эти полосы также совместно используются с наземными службами. Методы DCAAS действуют, чтобы допустить передачи ПЗС (спутника) таким образом, чтобы избежать помех у других пользователей в полосе частот 148–149,9 МГц. Однако это совершается за счет использования также и передач линии вниз.

В частности, полоса частот 148–149,9 МГц интенсивно используется наземными системами. Для того чтобы эффективно функционировать, система ПСС должна сканировать и выявлять те каналы внутри этой полосы частот, которые активно не используются в течение нескольких секунд времени сканирования. Спутниковая система ПСС МДЧР не может функционировать в полосе частот 148–149,9 МГц без какой либо схемы, такой как DCAAS. Любая попытка осуществить прием на канале, активно используемом наземным передатчиком, привела бы к помехам на спутнике и полной потере данных ПСС.

##### 4.1 Аспекты принципа совместного использования

DCAAS выявляет каналы, активно используемые наземными службами, и обходит эти каналы. Применяемый принцип совместного использования, в котором используется этот прием, состоит из пяти аспектов:

- Система, будучи реализована одним оператором, сканирует полосу частот на наличие неактивных каналов каждые 5 с. Система DCAAS не позволит ПЗС осуществлять передачу, если нет доступных неактивных каналов. Система DCAAS избегает присвоения активных каналов подвижной связи (э.и.и.м. по направлению к спутнику > 0,1 Вт в 7,5 кГц) ПЗС для передач по линии вверх.
- Если система DCAAS непреднамеренно присвоит активный канал, существует очень низкая вероятность того, что передающая ПЗС находится достаточно близко к принимающей подвижной единице, которая должна быть обнаружена.
- Если канал, выбранный DCAAS, принимает помехи, DCAAS быстро выберет другой канал.
- Длительность короткой последовательности сигналов передач ПЗС в дальнейшем минимизирует любые эффекты помех.
- Структура передачи сообщений ПЗС такова, что даже если помехи возникнут, они не будут непрерывными или не возникнут вновь.

В этом Приложении описан метод DCAAS. Основные принципы метода DCAAS могут быть реализованы разнообразными способами. Например, в проекте системы ПСС LEO-L используется цифровой метод динамического присвоения каналов, который выполняет обработку быстрым преобразованием Фурье (FFT) в спутнике, чтобы одновременно обзирать всю полосу частот линии вверх и выявлять незанятые каналы линии вверх для присвоения оконечным устройствам абонента ПСС. Сканирующий полосу приемник FFT позволяет каналам линии вверх ПСС быть повторно присвоенными (порядка каждые 0,5 с) в ответ на измеренную доступность канала. Ожидаемый отклик бывает функцией частоты и ширины полосы пропускания. Например, сканирующий полосу приемник в проекте LEO-L может обнаружить сигнал длительностью 0,5 с, частоты 460 МГц, в полосе пропускания 2,5 кГц, передаваемой мощностью 3,5 мВт где-либо в зоне обслуживания спутника с вероятностью 99,9%. Для сигнала 16 кГц чувствительность равна 22 мВт. При 149 МГц чувствительности передаваемой мощности равны 0,4 мВ и 2,3 мВ, для сигналов 2,5 кГц и 16 кГц, соответственно. Эти чувствительности позволяют на линиях вверх НГСО ПСС избежать каналов, которые используются в системах СПС, и совместное использование полосы НГСО ПСС в диапазоне ниже 1 ГГц и СПС осуществимо в пределах, допускаемых перенасыщенностью использования.

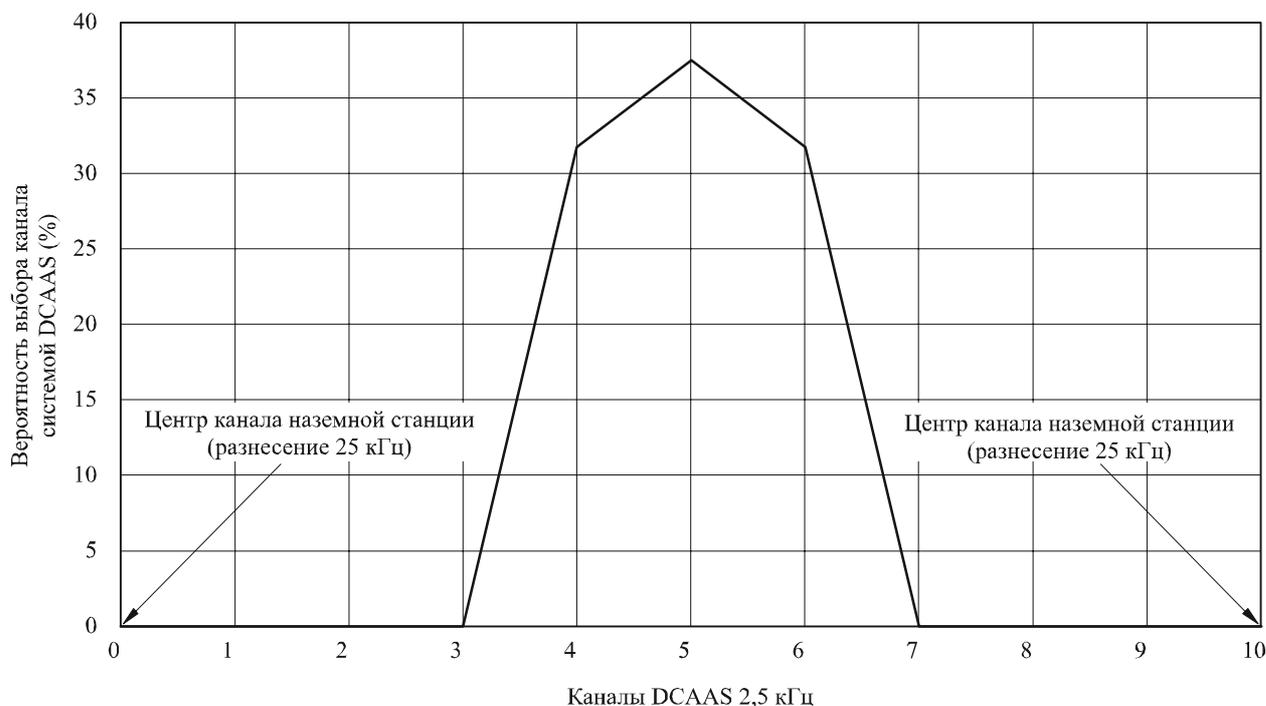
## 5 Демонстрация ухода от помех

### 5.1 Моделирование начальных тестов

Во многих странах основными пользователями полосы частот линии вверх являются наземные подвижные системы. DCAAS спроектирована специально, чтобы обходить занятые каналы внутри полосы. Определяя, какие каналы незаняты, и присваивая эти каналы оконечным наземным устройствам абонента, система удовлетворит этому критерию. На рисунке 15 показана вероятность выбора канала алгоритмом DCAAS. Алгоритм был испытан в моделировании, которое было основано на данных занятия частот, собираемых демонстрационным спутником связи (CDS) в течение целого года. CDS собирает данные сканирования в полосе 148–149,9 МГц с высоты 750 км. Спутники CDS были экспериментальными спутниками низкой орбиты, разработанными для сбора информации о наземном использовании полосы частот на линии вверх 148–149,9 МГц. Спутники собирали данные приблизительно в течение двух лет с высот 750 км.

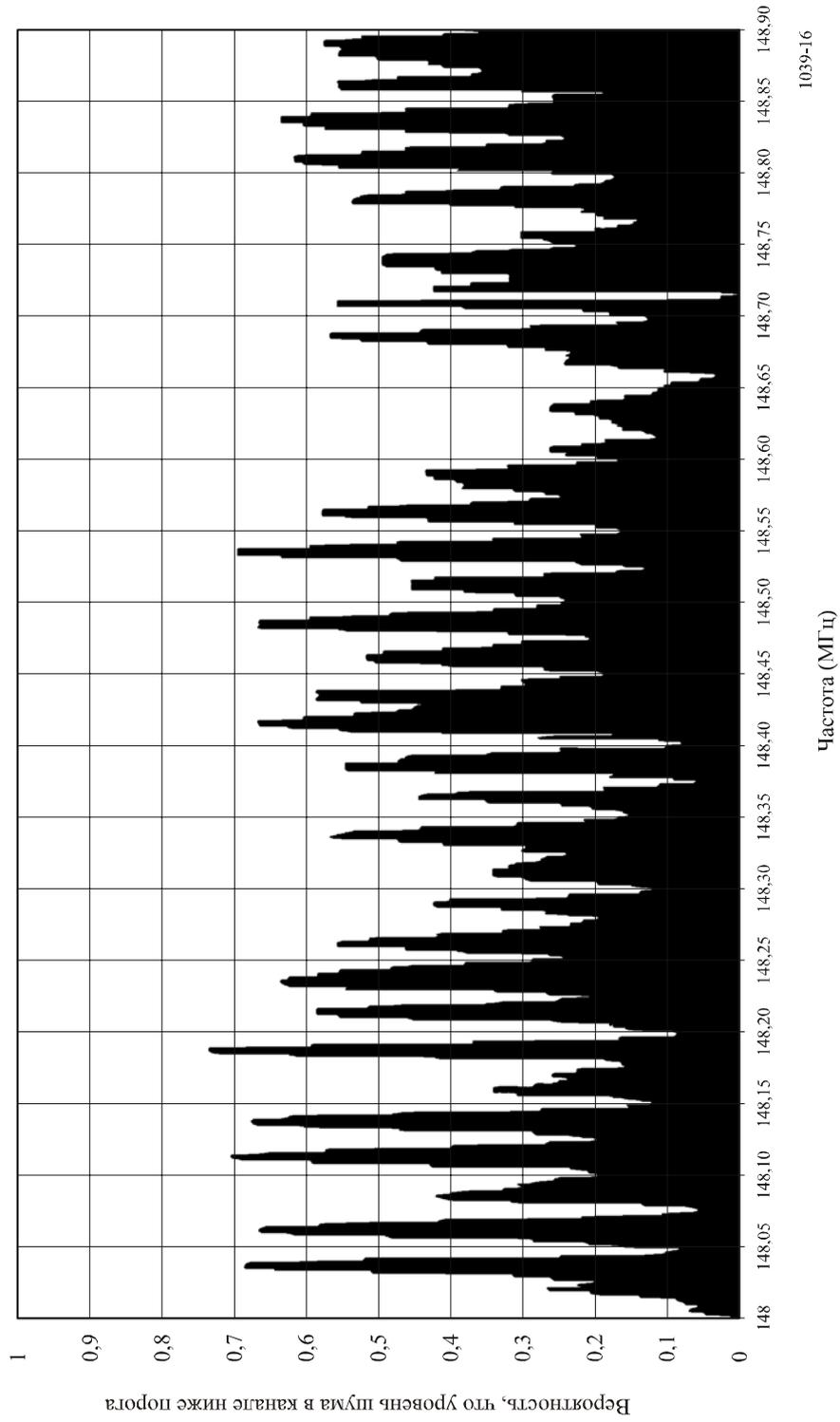
РИСУНОК 15

#### Выборы частот, сделанные DCAAS



На основании моделирований, использующих данные по занятости частот в течение полного года, собранных со спутника CDS

РИСУНОК 16  
Вероятность наличия каналов, свободных от помех



## 5.2 Демонстрационные испытания

Одна из администраций недавно предприняла испытательную программу для оценки чувствительности приемника спутника НГСО ПСС и возможностей DCAAS в обнаружении мощности шума или занятости каналов либо из-за высоких шумов, либо сухопутной подвижной несущей аналоговой речи внутри полосы частот 148–149,9 МГц. Демонстрационная испытательная установка (DTS) осуществила несколько испытаний в течение двухдневного периода. Эти испытания проходили во время ряда хороших (высокое возвышение) прохождений спутника, которые возникали в течение двухдневного периода, где в среднем было 6–8 хороших прохождений в день.

Были проведены три типа испытаний:

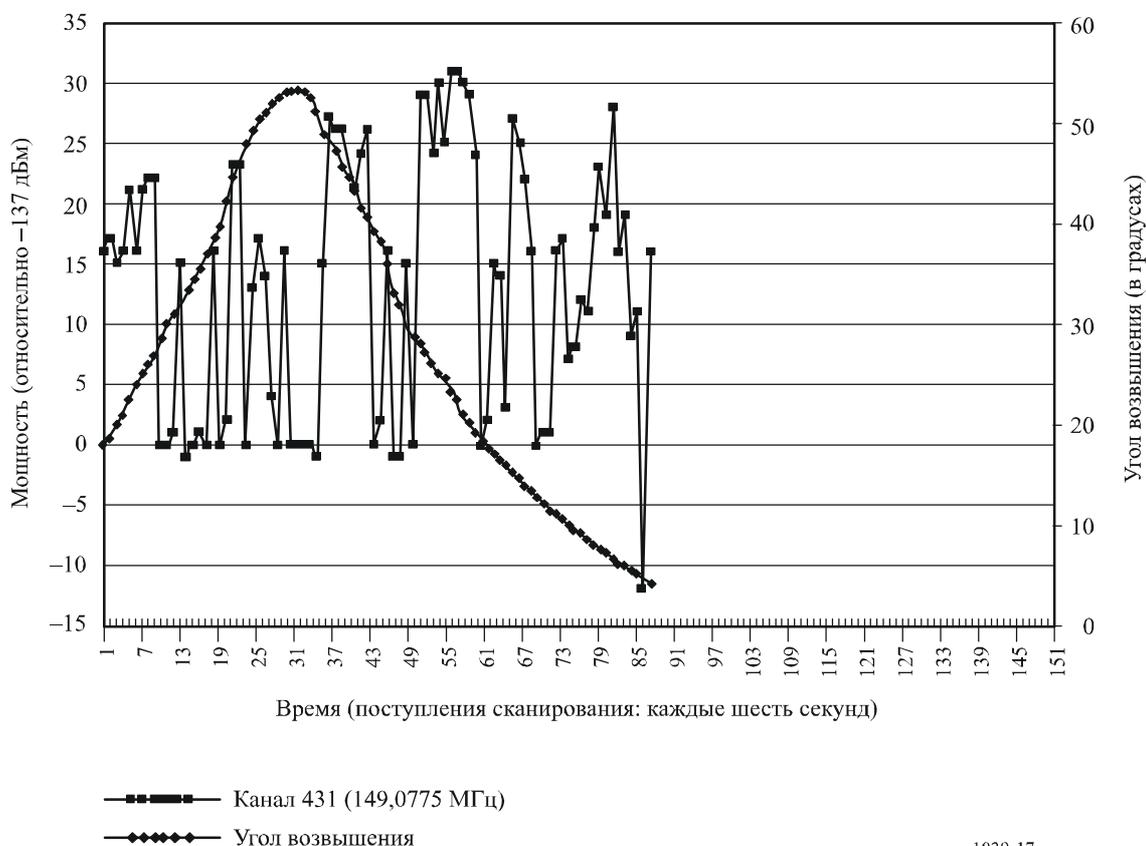
- тесты чувствительности приемника спутника;
- переключение DCAAS при нормальных условиях и переключение, когда в DTS моделируется сухопутная подвижная передача в присвоенном канале;
- DTS, моделирующий передачи от источника помех ПЗС на совмещенном канале с сухопутной подвижной системой аналоговой речи.

### 5.2.1 Испытания чувствительности приемника спутника

DTS была настроена так, чтобы принимать со спутника данные сканирования линии вниз. В данных сканирования был показан уровень шумов (мощности) спектра в ширине полосы частот 148–149,9 МГц, который спутник мог наблюдать внутри своей зоны покрытия, составляющей в диаметре 3000 миль. В процессах сканирования была проверена чувствительность приемников спутника, в то время как они обнаруживали пейджинговые передатчики высокой мощности, используемые в пейджинговых сетях администрации, и передачи подвижных базовых станций, используемые администрацией для передачи несущей мощностью 5 Вт при различных углах возвышения спутника во время прохождения спутника. Несущая подвижной базовой станции была обнаружена спутником и показана на рисунке 17, где несущая была на углах возвышения 50° и 30°, и выключилась на углах 45° и 20°. Уровень шумов в приемнике спутника Rx был утвержден приблизительно равным –137 дБм внутри ширины полосы канала приемника 2,5 кГц. Этого уровня шумов было достаточно, чтобы легко обнаружить передатчик СПС мощностью 500 мВт.

РИСУНОК 17

## Принимаемая мощность на космическом аппарате



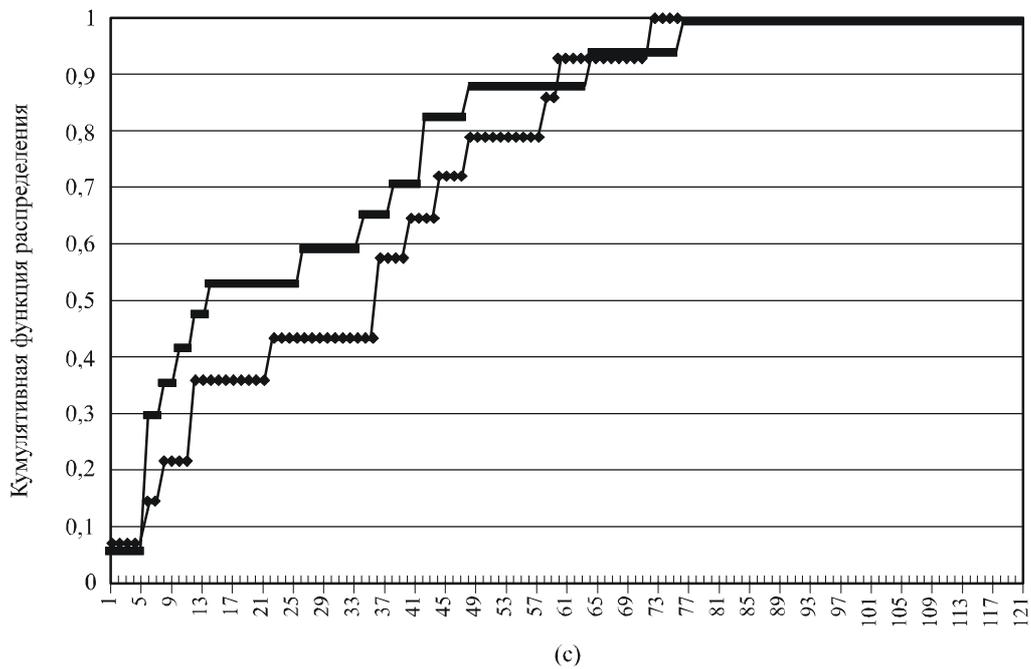
1039-17

### 5.2.2 Испытание DCAAS

Во время испытания DCAAS DTS сначала был настроен на наблюдение за переключением присваиваемых каналов линии вверх, где переключение DCAAS контролировалось фактической занятостью спектра. Это показано на рисунке 18, где в кумулятивном распределении для переключения каналов приема 1 и 2 показано 60% времени, в которое возникало переключение каналов после 30 с. При следующем тесте моделировался земной подвижный передатчик или источник шумов высокой мощности, возникающих в присвоенном канале приемника на спутнике. Этот так называемый "стресс тест" DCAAS происходит при установке DTS на получение информации присвоенного канала линии вверх от DCAAS, как на ПЗС, однако вместо отправки передачи захвата DTS создавал случайный шумовой сигнал на этом канале.

РИСУНОК 18

## Распределение сроков действия выбранных каналов



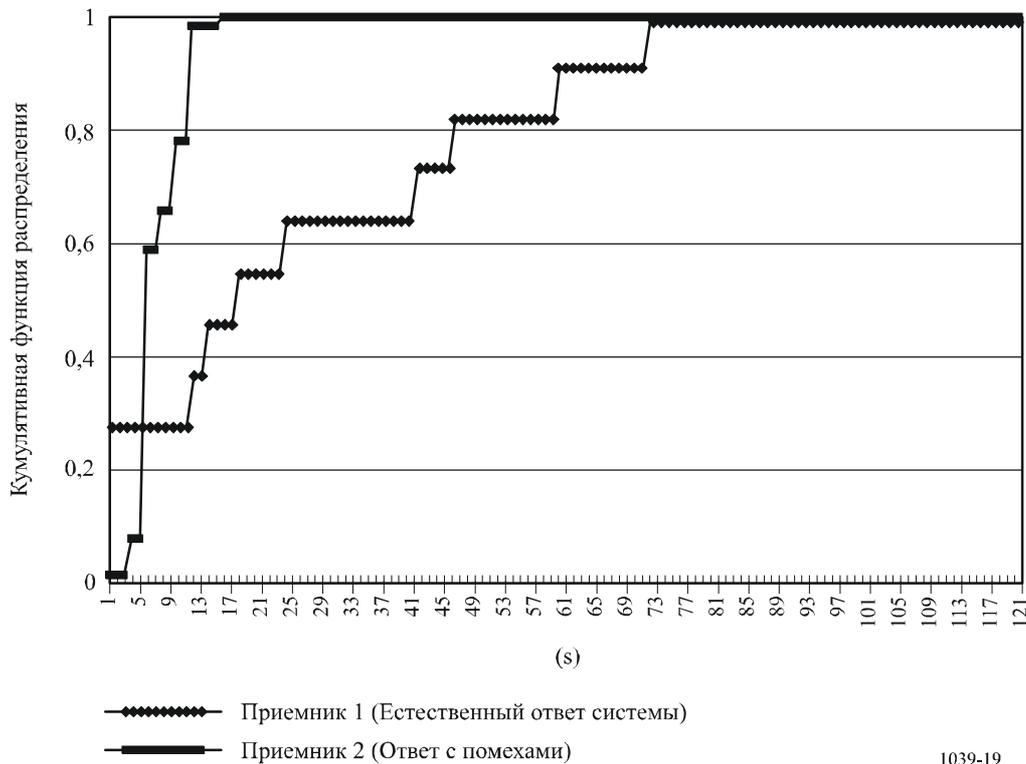
- Приемник 1 (Естественный ответ системы)
- Приемник 2 (Естественный ответ системы)

1039-18

В испытаниях было подтверждено, что DCAAS переключила бы присвоенный принимающий канал после одиночного сканирования (приблизительно 6 с) 60% времени, и после 2 сканирований (приблизительно 12 с) свыше 90% времени, см. рисунок 19.

РИСУНОК 19

## Распределение сроков действия выбранных каналов



1039-19

### 5.2.3 Помехи сухопутным подвижным системам

Испытания помех, проводимые с сухопутными подвижными системами, состояли из настройки DTS на моделирование передач коротких последовательностей сигналов данных ПЗС длительностью 3 мс, 50 мс, 100 мс, и 450 мс. Мощность этих передач могла варьироваться в пределах 10–30 дБм. Наблюдались следующие результаты:

- последовательности сигналов передач ПЗС по совмещенному каналу не открывают тоновый шумоподавителю в сухопутных подвижных приемниках;
- передачи ПЗС по совмещенному каналу в виде последовательностей сигналов данных длительностью 3,3 мс являются слишком короткими, чтобы открыть шумоподавителю несущей подвижного приемника или создавать помехи в идущих разговорах;
- подвижные приемники с шумоподавлением несущей обнаружат интервалы подавления шумов, если ПЗС осуществляет передачу более длинных последовательностей сигналов данных (50 мс) по совмещенному каналу в пределах приблизительно 25 км, в зависимости от преград на местности и чувствительности подвижного приемника, которая соответствует ожидаемым координационным расстояниям, предложенным в других разделах настоящей Рекомендации;
- было замечено, что фактическое воздействие передач DTS на земные подвижные вызовы происходило бы, когда осуществляются вызовы. В этих испытаниях последовательности сигналов DTS были воспринимаемы последовательностями сигналов данных ПЗС совмещенного канала длительностью 50 мс и 100 мс, а перерывы в получаемом сообщении будут возникать для последовательностей сигналов данных длительностью 450–500 мс. Было обнаружено, что степень субъективного воздействия последовательностей сигналов DTS является функцией полезной несущей, отнесенной к помехам ( $C/I$ ), которая напрямую связана с расстоянием от подвижного приемника до ПЗС, отнесенного к расстоянию от подвижного приемника до сухопутного подвижного передатчика. Распределение вероятностей описано в других разделах настоящей Рекомендации.