

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R F.1609-1

Оценка помех, создаваемых системами фиксированной службы, использующими станции на высотных платформах, обычным системам фиксированной службы в полосах частот 27,5–28,35 ГГц и 31–31,3 ГГц

(Вопрос МСЭ-R 212/9)

(2003-2006)

Сфера применения

В данной Рекомендации представлены методики оценки помех, создаваемых системами фиксированной службы (ФС), использующими станции на высотных платформах (HAPS), обычным системам фиксированной службы в полосах частот 28 ГГц (27,5–28,35 ГГц) и 31 ГГц (31–31,3 ГГц). Примеры расчета помех с помощью этих методик представлены также в Приложениях 1–3 для станций фиксированного беспроводного доступа (ФБД) как при связи пункта с пунктом, так и пункта со многими пунктами.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что ведется разработка новой технологии, использующей станции на высотной платформе (HAPS) в стратосфере;
- b) что МСЭ-R провел исследование частотного диапазона 18–32 ГГц на предмет возможного определения дополнительного частотного спектра, так как полосы частот в диапазоне 47 ГГц, которые упоминаются в п. а) раздела *отмечая*, ниже, более чувствительны к затуханию в дождях в странах, список которых приведен в пп. 5.537А и 5.543А Регламента радиосвязи;
- c) что полосы частот 27,5–28,35 ГГц и 31–31,3 ГГц распределены ФС на первичной основе,

отмечая,

- a) что ВКР-97 определила положения для работы HAPS в составе фиксированной службы (ФС) в полосах частот 47,2–47,5 ГГц и 47,9–48,2 ГГц;
- b) что в п. РР 5.537А указано, что распределение ФС в полосе частот 27,5–28,35 ГГц может также использоваться HAPS в перечисленных там странах, и такое использование HAPS ограничено работой в направлении HAPS-Земля и не должно создавать вредных помех обычным типам систем ФС или другим службам, которым данная полоса также распределена на первичной основе, или требовать защиты от них;
- c) что в п. РР 5.543А указано, что распределение ФС в полосе частот 31–31,3 ГГц может также использоваться HAPS в направлении Земля-HAPS в перечисленных там странах, и такое использование HAPS не должно создавать вредных помех обычным типам систем ФС или другим службам, которым данная полоса также распределена на первичной основе, или требовать защиты от них, принимая во внимание п. РР 5.545;
- d) что в п. РР 5.543А также указано, что использование HAPS в полосе частот 31–31,3 ГГц не должно создавать вредных помех пассивным службам, имеющим первичное распределение в полосе частот 31,3–31,8 ГГц, с учетом критериев защиты от помех, приведенных в Рекомендациях МСЭ-R SA.1029 и МСЭ-R RA.769;

е) что в Резолюции 145 (ВКР-03) предлагается в срочном порядке провести исследования по вопросам технического характера, совместного использования частот и регуляторным вопросам для определения критериев работы HAPS в полосах частот 27,5–28,35 ГГц и 31–31,3 ГГц,

рекомендует,

1 чтобы методики, содержащиеся в Приложениях 1 и 2, могли быть использованы для оценки помех, создаваемых системой на базе HAPS обычной системе ФС (связи пункта со многими пунктами (П-МП) и пункта с пунктом (П-П)) (см. Примечание 1 и Примечание 2);

2 чтобы методика, приведенная в Приложении 3, могла быть использована для оценки помех, создаваемых HAPS обычной системе ФС в полосе частот 27,5–28,35 ГГц;

3 чтобы методики, содержащиеся в Приложениях 1, 2 и 3, могли быть использованы для разработки двусторонних соглашений между администрациями.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для типовых параметров системы на базе HAPS следует использовать Рекомендацию МСЭ-R F.1569.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Оценка помех, создаваемых системой на базе HAPS системе фиксированного беспроводного доступа (ФБД), рассмотрена в варианте наихудшего случая в Приложениях 1 и 2. Применение способов уменьшения помех, описанных в Рекомендации МСЭ-R F.1608, может сократить требуемую дальность разнесения.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В Приложениях 1 и 2 такой числовой параметр, как выходная мощность, является фиксированным. На основе результатов, описанных там, будет не так сложно провести расчеты и для других параметров. Более того, в Рекомендации МСЭ-R F.758 перечислен ряд параметров систем, некоторые из которых включают наихудший вариант с точки зрения влияния помех.

Приложение 1

Методика оценки помех, создаваемых системами ФС, использующими HAPS, системам ФБД (П-МП) в полосах частот 27,5–28,35 ГГц и 31–31,3 ГГц

1 Введение

В данном Приложении представлена методика оценки помех, технические параметры и эксплуатационные методы, применяемые при исследовании совместного использования частот системами ФС, использующими HAPS, и системами ФБД, работающими в конфигурации П-МП, в полосах частот 27,5–28,35 ГГц и 31–31,3 ГГц. В состав систем П-МП обычно входят одна базовая станция и несколько абонентских станций.

В системе ФБД нет правил совместного применения этих двух полос частот базовой станцией ФБД и абонентской станцией ФБД. Поэтому должны быть рассмотрены все помеховые ситуации.

2 Методика расчета помех, создаваемых системой на базе HAPS системе ФБД (П-МП)

2.1 Помехи, создаваемые воздушным судном HAPS станции ФБД

Мощность помех, создаваемых направленным лучом воздушного судна HAPS станции ФБД, I (дБ(Вт/МГц)), получается из выражения 1.

$$I = P_{Tx_H_m B_n} + G_{Tx_H_m B_n}(\theta_{H_m B_n_F}) - L_S - L_{Atm H_m_F} + G_{Rx_FWA}(\theta_{F_H_m}) - L_{fRx_FWA}, \quad (1)$$

где:

$P_{Tx_H_m B_n}$: плотность мощности передачи, создаваемая направленным лучом B_n HAPS H_m (дБ(Вт/МГц));

$G_{Tx_H_m B_n}(\theta_{H_m B_n_F})$: усиление антенны для направленного луча воздушного судна HAPS в направлении на станцию ФБД (дБи);

L_S : потери в свободном пространстве между воздушным судном HAPS и станцией ФБД (дБ) выражаются следующим образом:

$$L_S = 20 \log\left(\frac{4\pi d \times 1000}{\lambda}\right);$$

d : расстояние между воздушным судном HAPS и станцией ФБД (км);

λ : длина волны (м);

$L_{Atm H_m_F}$: потери от поглощения в атмосфере между воздушным судном HAPS и станцией ФБД (дБ) (для более подробной информации см. Дополнение 1 к Приложению 1 и Приложению 2, которое основано на Рекомендации МСЭ-R F.1404, где потери за счет поглощения обозначены как $A(h, \theta)$);

$G_{Rx_ФБД}(\theta_{F_H_m})$: усиление приемной антенны станции ФБД в направлении воздушного судна HAPS (дБи);

L_{fRx_FWA} : потери в фидере станции ФБД на стороне приема (дБ).

Отношение мощности помехи к тепловому шуму приемника, I/N , получается из выражения.

$$I/N = I - 10 \log(293 \times k \times 10^{NF/10} \times 10^6) \text{ дБ}, \quad (2)$$

где:

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

NF : коэффициент шума станции ФБД (дБ).

2.2 Помехи, создаваемые земной станцией HAPS станции ФБД

Мощность помех, создаваемая земной станцией HAPS станции ФБД, I (дБ(Вт/МГц)), получается из выражения 3.

$$I = P_{Tx_GS} - L_{fTx_GS} + G_{Tx_GS}(\theta_{H_F}) - L_S - L_{Atm} - L_{Obs} + G_{Rx_FWA}(\theta_{F_H}) - L_{fRx_FWA}, \quad (3)$$

где:

P_{Tx_GS} : плотность мощности передачи, создаваемая земной станцией HAPS (дБ(Вт/МГц));

L_{fTx_GS} : потери в фидере земной станции HAPS (дБ);

$G_{Tx_GS}(\theta_{H_F})$: усиление антенны земной станции HAPS в направлении на станцию ФБД (дБи);

L_S : потери в свободном пространстве между земной станцией HAPS и станцией ФБД (дБ);

L_{Atm} : потери от поглощения в атмосфере между земной станцией HAPS и станцией ФБД (дБ), которые рассчитываются на основе Рекомендации МСЭ-R P.676;

L_{Obs} : потери от экранирования между земной станцией HAPS и станцией ФБД (не учитываются при расчете требуемого расстояния разнесения) (дБ);

$G_{Rx_ФБД}(\theta_{F_H})$: усиление приемной антенны станции ФБД в направлении на земную станцию HAPS (дБи);

L_{fRx_FWA} : потери в фидере на станции ФБД (дБ).

Отношение I/N получается из выражения 2.

3 Допущения при оценке помех

3.1 Система NAPS

Параметры системы NAPS описаны в Рекомендации МСЭ-R F.1569.

3.2 Система ФБД, работающая в конфигурации П-МП

Предполагаемые параметры системы ФБД, работающей в конфигурации П-МП, приведены в разделе 1 Дополнения 2 для проведения оценки помех, включая базовую станцию и абонентскую станцию.

Для базовой станции ФБД рассмотрены три варианта по отношению к диаграмме направленности луча антенны и схеме повторного использования частот. При этом предполагается, что базовые станции географически расположены через каждые 2 км.

Вариант а): Предполагаемая диаграмма направленности луча антенны основывается на Рекомендации МСЭ-R F.1336 и повторное использование частот оказывается достаточно реалистичным (четыре базовые станции используют сегментированные 4×4 полосы частот и луч их антенны находится в пределах сектора 90° : группа из 4 станций устанавливается повторно).

Вариант б): Предполагаемая диаграмма направленности луча антенны основывается на Рекомендации МСЭ-R F.1336 и все базовые станции используют одну и ту же частоту, присвоенную базовой станции (поэтому диаграмма предполагается ненаправленной в азимутальном направлении).

Вариант с): Предполагаемая диаграмма направленности луча антенны является достаточно реалистичной и может быть принята многими провайдерами услуг (не упомянута в Рекомендации), а схема повторного использования частот в этом случае такая же, как и в Варианте а).

4 Примеры результатов расчета для системы ФБД, работающей в конфигурации П-МП

В этом разделе приведены примеры расчета показателей I/N и требуемых расстояний разнесения. В качестве системных параметров базовой станции системы ФБД, работающей в конфигурации П-МП, рассматриваются три Варианта а), б) и с). Также предполагается, что для всех трех базовых станций используется один и тот же тип абонентских станций.

4.1 Помехи, создаваемые воздушным судном NAPS системе ФБД

При рассмотрении помех, создаваемых воздушным судном NAPS базовой станции ФБД, предполагается, что на территории $500 \text{ км} \times 1000 \text{ км}$ развернуто 11×21 воздушных судов NAPS. Показатели I/N оцениваются в виде функции от расстояния между станцией ФБД и точкой надира воздушного судна NAPS, расположенной в центре 1000 км стороны.

При проведении расчетов предполагается, что основной луч базовой станции ФБД всегда направлен на горизонт. С другой стороны, это допущение сделано здесь для учета наихудшего случая, когда абонентская станция ФБД направлена прямо на воздушное судно NAPS при угле места до 60° .

4.1.1 Помехи, создаваемые воздушным судном NAPS базовой станции ФБД

На рисунках 1 и 2 показаны показатели I/N базовой станции ФБД для Вариантов а) и б), соответственно, когда она подвергается воздействию помех, создаваемых совокупностью 11×21 воздушных судов NAPS (см. рисунок 3). Обозначение "вперед" на графике 1 означает,

что базовые станции направлены в азимутальном направлении непосредственно в центр совокупности расположения воздушных судов HAPS. "Вбок" и "назад" означают такие условия, при которых базовая станция видит воздушное судно, соответственно, либо сбоку, либо сзади. Указанный показатель I/N отражает наихудшее значение среди всех направленных лучей воздушных судов HAPS при использовании схемы повторного использования частот.

Из обоих рисунков видно, что максимальное значение показателя I/N составляет примерно – 15 дБ. Поэтому при заданных здесь условиях можно сказать, что совокупность воздушных судов HAPS не будет создавать значительные помехи базовой станции ФБД. Следует отметить, что направление вперед равно направлениям вбок и назад на рисунке 2, поскольку предполагалось, что диаграмма направленности антенны имеет ненаправленный характер в азимутальном направлении.

При использовании для базовой станции ФБД достаточно реалистичной диаграммы направленности луча в Варианте с) значение I/N слегка уменьшается, как видно из рисунка 4. В Варианте с) максимальное значение показателя I/N составляет примерно –20 дБ.

РИСУНОК 1

Показатели I/N базовой станции ФБД в Варианте а) при помехе, создаваемой совокупностью 11×21 воздушных судов HAPS

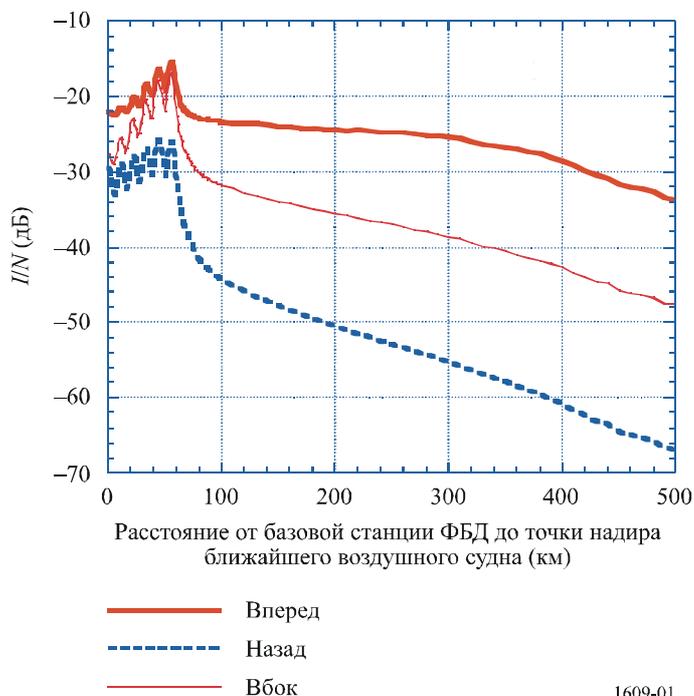


РИСУНОК 2

Показатели I/N базовой станции ФБД в Варианте б) при помехе, создаваемой совокупностью 11×21 воздушных судов HAPS

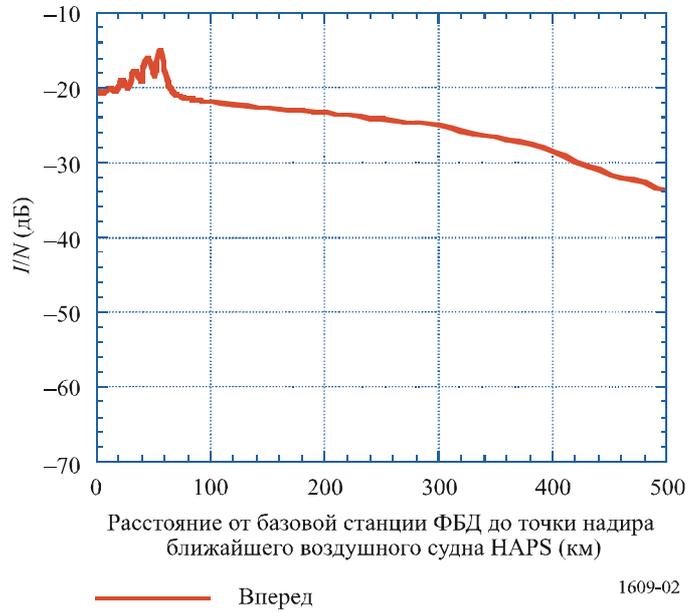


РИСУНОК 3

Размещение воздушных судов HAPS на территории 500×1000 км

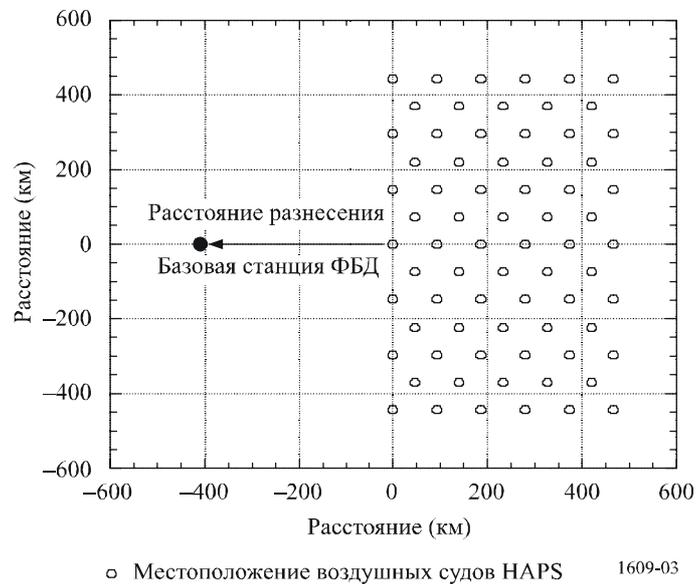
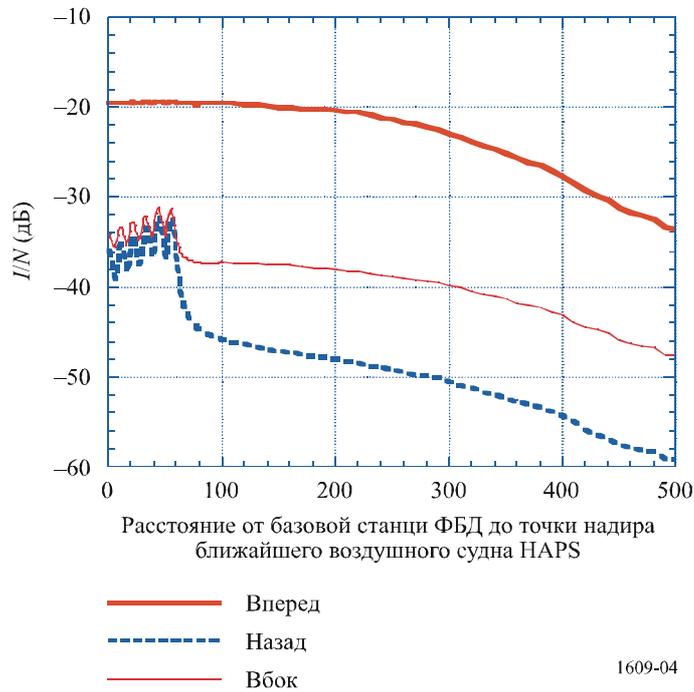


РИСУНОК 4

Показатели I/N базовой станции ФБД в Варианте с) при помехе, создаваемой совокупностью 11×21 воздушных судов HAPS

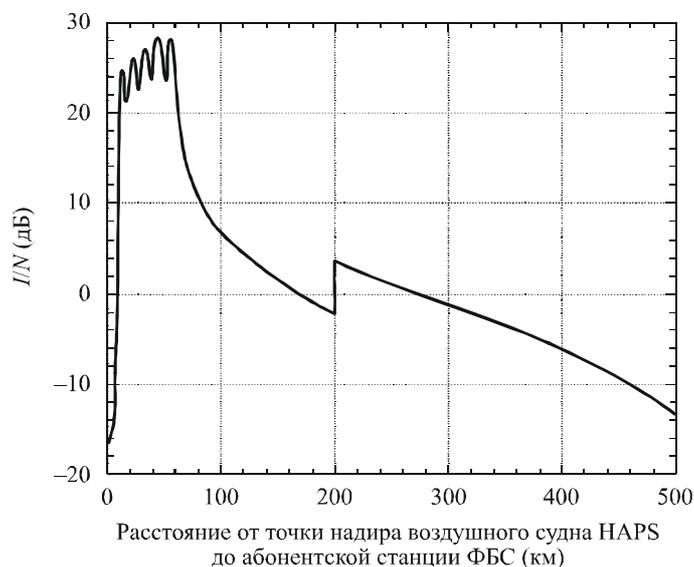


4.1.2 Помехи, создаваемые воздушным судном HAPS абонентской станции ФБД

Что касается показателя I/N абонентской станции ФБД, подверженной помехе, создаваемой одним воздушным судном HAPS, то наихудшее значение I/N достигает большой величины, приблизительно равной 30 дБ, как показано на рисунке 5. Это получается вследствие большего усиления антенны абонентской станции ФБД по сравнению с базовой станцией и в допущении, что антенна абонентской станции ФБД направлена прямо на воздушное судно HAPS с ограничением максимального угла места 60° . Поэтому воздушное судно HAPS будет создавать большие помехи абонентской станции ФБД при использовании одной и той же частоты. На рисунке 5 отмечено, что расстояние 200 км служит точкой перехода от использования антенны диаметром 30 см к использованию антенны диаметром 60 см (см. Примечание 1 к таблице 2).

РИСУНОК 5

Показатели I/N абонентской станции ФБД при помехе, создаваемой одним воздушным судном HAPS



1609-05

4.2 Помехи, создаваемые земной станцией HAPS системе ФБД

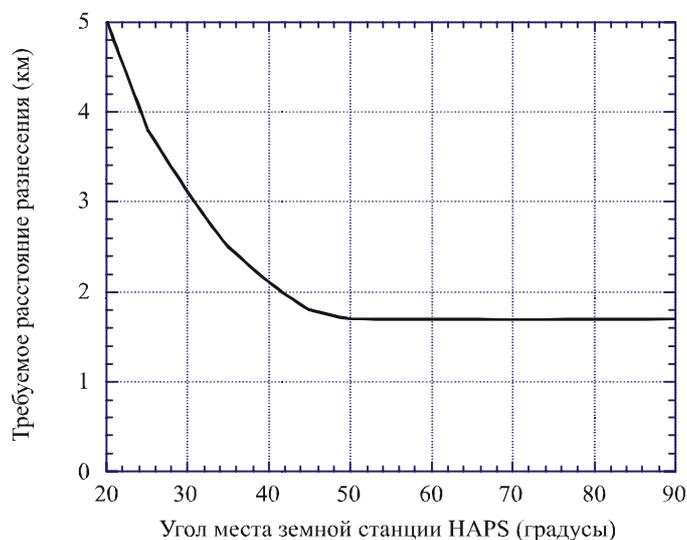
В случае помех, создаваемых земной станцией HAPS станции ФБД, анализ проведен только для условий прямой видимости. Более того, предполагалось, что земная станция HAPS и станция ФБД (базовая станция и абонентская станция) находятся на одной высоте над уровнем моря и что усиление антенны базовой станции ФБД в направлении на земную станцию HAPS для всех трех Вариантов а), б), в) одинаково. Расчет производился только для случая одного источника помех при условии, что обе станции – земная станция HAPS с углом места более 20° и станция ФБД, направленная на горизонт, – направлены по азимуту друг на друга. Предполагаемое значение I/N при этом анализе равно -15 дБ.

4.2.1 Помехи, создаваемые земной станцией HAPS базовой станции ФБД

На рисунке 6 показано необходимое расстояние разнесения, при котором земная станция HAPS не создает помехи базовой станции ФБД. При принятых значениях показателя I/N , равного -15 дБ, и минимального угла места, равного 20° , расстояние разнесения составляет около 5 км. Учитывая, что базовые станции ФБД при повторном использовании частот расположены через каждые 2–3 км, совместная работа базовой станции ФБД и земной станции HAPS будет затруднительна, если не будут применены способы уменьшения помех.

РИСУНОК 6

Требуемое расстояние разнесения как функция угла места земной станции HAPS при помехе, создаваемой земной станцией HAPS базовой станции ФБД



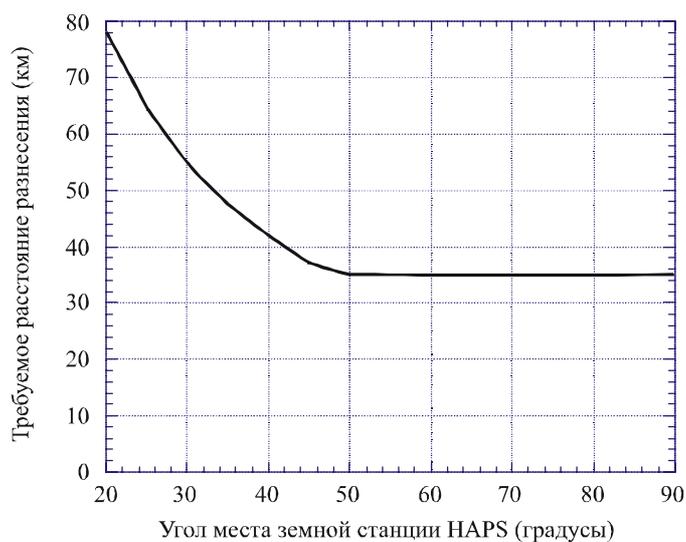
1609-06

4.2.2 Помехи, создаваемые земной станцией HAPS абонентской станции ФБД

На рисунке 7 показано требуемое расстояние разнесения, при котором земная станция HAPS создает помехи абонентской станции ФБД, в предположении, что I/N равно -15 дБ. При выбранных значениях показателя I/N , равного -15 дБ, и минимального угла места, равного 20° , расстояние разнесения составляет около 80 км. Совместная работа абонентской станции ФБД и земной станции HAPS будет невозможна, если не будут применены способы уменьшения помех.

РИСУНОК 7

Требуемое расстояние разнесения как функция угла места земной станции HAPS при помехе, создаваемой земной станцией HAPS абонентской станции ФБД



1609-07

5 Резюме

В данном Приложении приведен метод оценки помех, создаваемых передатчиками HAPS приемникам ФБД (П-МП), на основе показателя I/N и проведена оценка необходимого расстояния разнесения для некоторых предполагаемых развертываний станций ФБД и станций HAPS.

Приложение 2

Методика оценки помех, создаваемых системами ФС, использующими HAPS, системам ФБД (П-П) в полосах частот 27,5–28,35 ГГц и 31–31,3 ГГц

1 Введение

В данном Приложении представлена методика оценки помех, технические параметры и эксплуатационные методы, применяемые при исследовании совместного использования частот системами ФС, использующими HAPS, и системами ФБД, работающими в конфигурации П-П, в полосах частот 27,5–28,35 ГГц и 31–31,3 ГГц. В состав системы П-П входят одна пара из двух радиостанций, направленных друг на друга (для простоты в данном Приложении эта радиостанция называется станцией ФБД).

2 Методика расчета помех, создаваемых системами на базе HAPS системе ФБД (П-П)

Так как методика расчета помех между системой HAPS и системой ФБД, работающей в конфигурации П-П, аналогична описанной в параграфе 2 Приложения 1, формула для расчета здесь не приводится.

3 Предположения при оценке помех

3.1 Система HAPS

Параметры системы HAPS описаны в Рекомендации МСЭ-R F.1569.

3.2 Система ФБД, работающая в конфигурации П-П

Для проведения оценки помех в разделе 2 Дополнения 2 приведены предполагаемые параметры системы ФБД, работающей в конфигурации П-П.

4 Примеры результатов расчета для системы ФБД, работающей в конфигурации П-П

4.1 Помехи, создаваемые воздушным судном HAPS системе ФБД

При оценке помех, создаваемых воздушным судном HAPS станции ФБД, показатели I/N определяются как функция расстояния между станцией ФБД и точкой надира воздушного судна HAPS. Для учета наихудшего варианта анализа при расчете предполагается, что станция ФБД направлена прямо на воздушное судно HAPS при угле места до 60° .

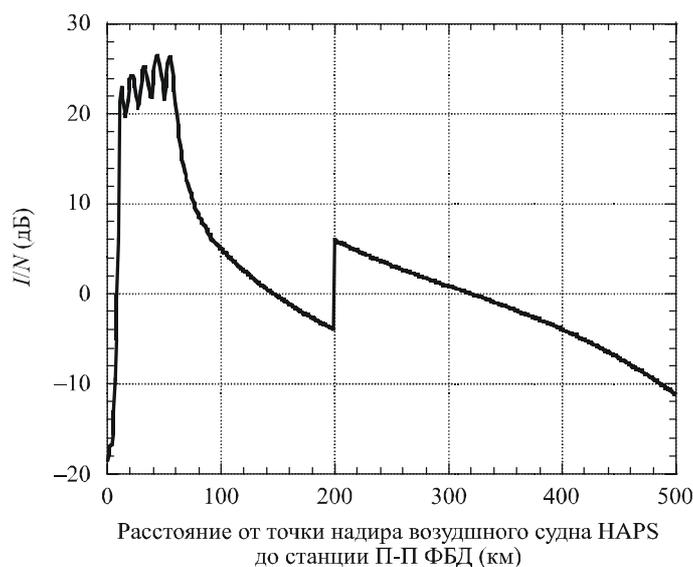
Что касается показателя I/N станции ФБД, подверженной помехе от одного воздушного судна HAPS, то наихудшее значение I/N достигает большой величины, приблизительно равной 30 дБ, как показано на рисунке 8. Это получается вследствие большего усиления антенны станции ФБД по сравнению с базовой станцией и в допущении, что антенна станции ФБД направлена прямо на воздушное судно HAPS с ограничением максимального угла места 60° . Поэтому воздушное судно HAPS будет создавать большие помехи станции ФБД при использовании одной и той же частоты. На рисунке 8 отмечено, что расстояние 200 км служит точкой перехода от использования антенны диаметром 30 см к использованию антенны диаметром 90 см (см. Примечание 1 к таблице 3).

4.2 Помехи системе ФБД от земной станции HAPS

В случае помех рассматриваемой здесь станции ФБД от земной станции HAPS анализ проведен только для условий прямой видимости. Более того, предполагалось, что земная станция HAPS и станция ФБД находятся на одной высоте над уровнем моря. Расчет производился только для случая одного источника помех при условии, что обе станции – земная станция HAPS с углом места более 20° и станция ФБД, направленная на горизонт, – направлены по азимуту друг на друга. Предполагаемое значение I/N в этом случае равно -15 дБ.

РИСУНОК 8

Показатели I/N станции ФБД при помехе, создаваемой одним воздушным судном HAPS

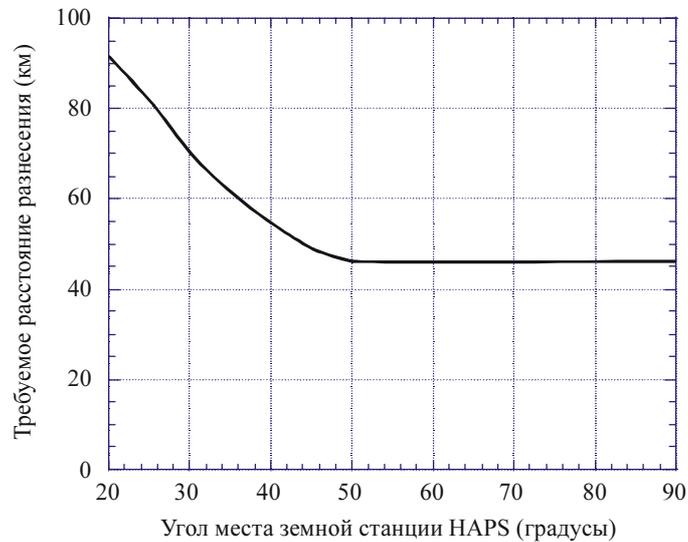


1609-08

На рисунке 9 показано требуемое расстояние разнесения, при котором земная станция HAPS создает помехи станции ФБД. При принятых значениях показателя I/N , равного -15 дБ, и минимального угла места, равного 20° , расстояние разнесения составляет около 92 км. Совместная работа станции П-П ФБД и земной станции HAPS будет невозможна, если не будут применены способы уменьшения помех.

РИСУНОК 9

Требуемое расстояние разнесения как функция угла места земной станции HAPS при помехе, создаваемой земной станцией HAPS станции ФБД



1609-09

5 Резюме

В этом Приложении приведен метод оценки помех, создаваемых передатчиками HAPS приемникам ФБД (П-П), на основе показателя I/N и проведена оценка требуемого расстояния разнесения для некоторых предполагаемых развертываний станций ФБД и станций HAPS.

Совместное использование частот земными станциями HAPS и системой ФБД на земной поверхности

в случае размещения в одном месте возможно при использовании соответствующих средств, таких как динамическое назначение частот и/или достаточная координация, что является национальным вопросом. Эффективным способом снижения помех между земными станциями HAPS и системой ФБД является такое расположение земных станций, при котором они не находились бы в пределах прямой видимости от системы ФБД. Так же следует отметить, что помехи в большинстве случаев ослабляются холмами и/или зданиями при расположении двух станций на расстоянии более 100 км друг от друга.

Дополнение 1 к Приложениям 1 и 2

Ослабление при распространении радиоволн в атмосферных газах на наклонной трассе между воздушными судами HAPS и земными станциями в полосах частот 27,5–28,35 ГГц и 31–31,3 ГГц

Оценка ослабления в атмосферных газах при распространении радиоволн на наклонной трассе между воздушными судами HAPS и земными станциями была произведена с использованием минимального ослабления в атмосферных газах при распространении радиоволн. Это минимальное ослабление в атмосферных газах при распространении радиоволн было определено в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R F.1404, которая, в свою очередь, основана на методике Рекомендации МСЭ-R P.676. Предполагаемые климатические параметры приведены в таблице 1 Рекомендации МСЭ-R F.1404.

Числовые формулы для ослабления в атмосфере, аппроксимирующие теоретические значения, приведены в следующих разделах, где:

$A_L(h, \theta)$, $A_M(h, \theta)$, $A_H(h, \theta)$: суммарные атмосферные потери (дБ) для областей низких широт (в пределах $22,5^\circ$ от экватора), средних широт (более $22,5^\circ$, но менее 45° от экватора) и высоких широт (от 45° и более от экватора), соответственно;

h : высота земной станции над уровнем моря (км);

θ : угол места (градусы), соответственно.

Аппроксимация была проведена для $0 \leq h \leq 3$ км и $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$. Реальный угол места может быть установлен исходя из угла места, определенного при условиях распространения в свободном пространстве, используя метод, описанный в Рекомендации МСЭ-R F.1333. Для реальных углов меньше 0° необходимо использовать ослабление для угла 0° .

1 Полоса частот 27,5–28,35 ГГц

В этой полосе частот ослабление немного меньше на более высоких частотах в областях низких и средних широт и немного больше на более высоких частотах в областях высоких широт. Поэтому, ослабление для областей низких и средних широт в 28,35 ГГц и ослабление для областей высоких широт в 27,5 ГГц определяются следующими формулами.

$$A_L(h, \theta) = 21,28 / [1 + 0,9505\theta + 0,03065\theta^2 + h(0,3381 + 0,4466\theta) + h^2(0,2331 + 0,1169\theta)] \quad (1a)$$

$$A_M(h, \theta) = 11,63 / [1 + 0,8167\theta + 0,02649\theta^2 + h(0,2688 + 0,4486\theta) + 0,1394h^2] \quad (1b)$$

$$A_H(h, \theta) = 8,77 / [1 + 0,8259\theta + h(0,2163 + 0,3037\theta) + 0,1067h^2] \quad (1c)$$

2 Полоса частот 31–31,3 ГГц

В этой полосе частот ослабление увеличивается с повышением частоты и, поэтому, ослабление на частоте 31 ГГц определяется следующими формулами.

$$A_L(h, \theta) = 19,54 / [1 + 0,9323\theta + 0,02553\theta^2 + h(0,3416 + 0,4413\theta) + h^2(0,1980 + 0,08016\theta)] \quad (2a)$$

$$A_M(h, \theta) = 11,76 / [1 + 0,8137\theta + 0,02033\theta^2 + h(0,2740 + 0,3935\theta) + 0,1203h^2] \quad (2b)$$

$$A_H(h, \theta) = 9,52 / [1 + 0,8160\theta + h(0,2378 + 0,2722\theta) + 0,08949h^2] \quad (2c)$$

Дополнение 2 к Приложениям 1 и 2

Параметры системы ФБД для исследования совместного использования частот

В данном Дополнении описаны параметры системы ФБД, работающей в конфигурации П-МП, которая состоит из базовой станции и абонентской станции, и параметры системы ФБД, работающей в конфигурации П-П.

1 Система ФБД, работающая в конфигурации П-МП

Для базовой станции ФБД рассмотрены следующие три варианта по отношению к диаграмме направленности антенны базовой станции и схеме повторного использования частот. При этом предполагается, что базовые станции расположены через каждые 2 км.

Вариант а): Предполагаемая диаграмма направленности луча антенны основывается на Рекомендации МСЭ-R F.1336-1 и повторное использование частот оказывается достаточно реалистичным (четыре базовые станции используют сегментированные 4×4 полосы частот и лучи их антенн находятся в пределах сектора 90° : группа из 4 станций устанавливаются повторно).

Вариант б): Предполагаемая диаграмма направленности луча антенны основывается на Рекомендации МСЭ-R F.1336 и все базовые станции используют одну и ту же частоту, присвоенную базовой станции (поэтому диаграмма предполагается ненаправленной в азимутальном направлении).

Вариант с): Предполагаемая диаграмма направленности луча антенны является достаточно реалистичной, и она может быть принята многими провайдерами услуг (не упомянута в Рекомендации), а схема повторного использования частот в этом случае такая же, как и в Варианте а).

В таблице 1 и 2 приведены параметры базовой станции ФБД для трех вышеуказанных Вариантов и параметры абонентской станции ФБД, которые предполагаются одинаковыми во всех трех Вариантах, соответственно. В Варианте с) применяется косекансная характеристика, которая изготавливается некоторыми производителями антенн.

ТАБЛИЦА 1

Параметры базовой станции системы П-МП ФБД

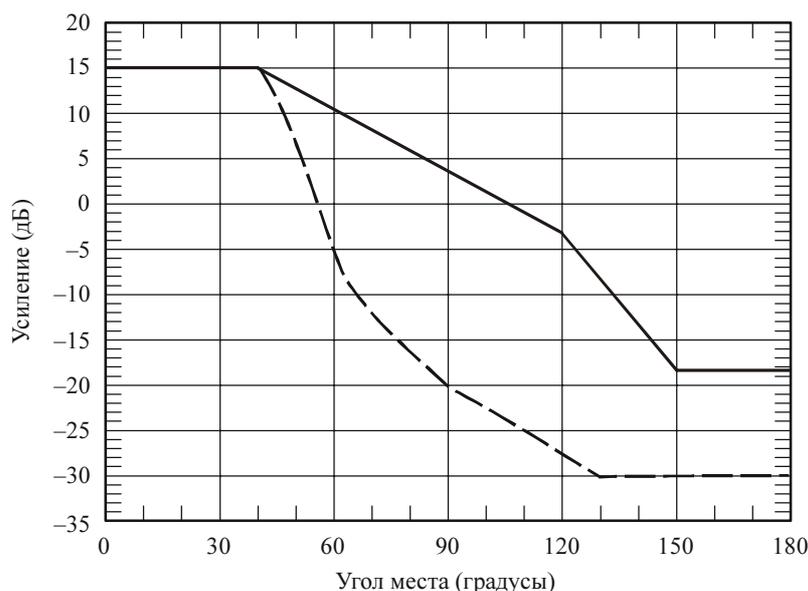
Параметр	Вариант а)		Вариант б)		Вариант с)	
	31 ГГц	28 ГГц	31 ГГц	28 ГГц	31 ГГц	28 ГГц
Мощность передатчика (дБВт)	-5	-4	-5	-4	-5	-4
Выходная спектральная плотность (дБ(Вт/МГц))	-17	-18,1	-17	-18,1	-17	-18,1
Коэффициент шума (дБ)	7	6	7	6	7	6
Расчетный тепловой шум приемника (дБ(Вт/МГц))	-137	-138	-137	-138	-137	-138
Усиление антенны (дБи)	15	15	15	15	15	15
Диаграмма направленности антенны (азимут, рисунок 10)	Рек. МСЭ-R F.1336 ⁽¹⁾	Рек. МСЭ-R F.1336 ⁽¹⁾	ненаправленная	ненаправленная	косекансная характеристика	косекансная характеристика
Диаграмма направленности антенны (угол места, рисунок 11)	Рек. МСЭ-R F.1336 ⁽²⁾	косекансная характеристика	косекансная характеристика			
Потери в фидере (дБ)	0	0	0	0	0	0
Модуляция	4-ФМ	4-ФМ	4-ФМ	4-ФМ	4-ФМ	4-ФМ

(1) Диаграмма направленности луча представляет собой маску измеренных характеристик, представленную на рисунке 15 Рекомендации МСЭ-R F.1336.

(2) Диаграмма направленности луча выражена формулами 1а, 1б и 1с в Рекомендации МСЭ-R F.1336.

РИСУНОК 10

Предполагаемая диаграмма направленности луча антенны в азимутальном направлении

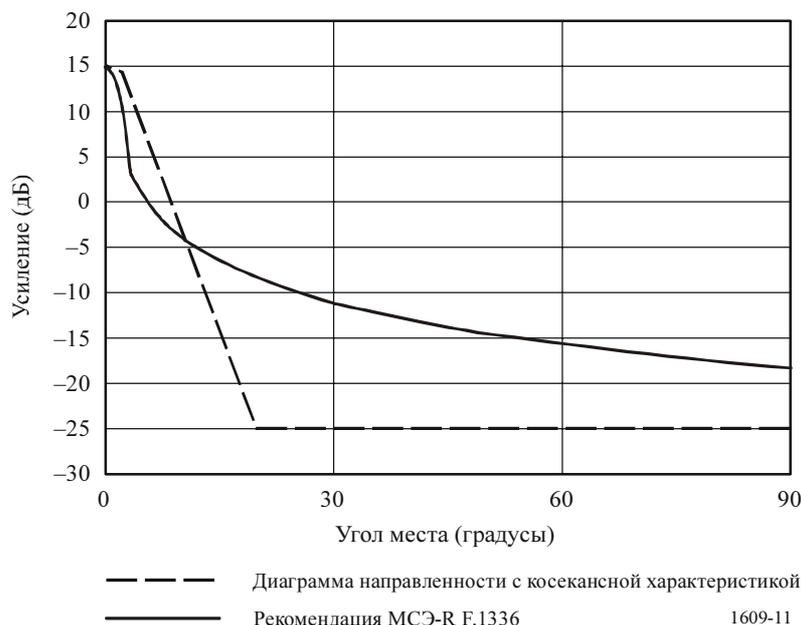


— — — — — Диаграмма направленности с косекансной характеристикой
 ————— Рекомендация МСЭ-R F.1336

1609-10

РИСУНОК 11

Предполагаемая диаграмма направленности луча антенны в направлении угла места



2 Система ФБД, работающая в конфигурации П-П

В таблице 3 приведены параметры системы станции ФБД, работающей в системе П-П. Обычно в системе П-П ФБД не учитывается управление мощностью передатчика. Мощность сигнала, передаваемого станцией ФБД, всегда рассчитана на условия дождей.

ТАБЛИЦА 2

Параметры абонентской станции системы П-МП ФБД

Параметр	Ослабление в дожде		Условия ясного неба	
	31 ГГц	28 ГГц	31 ГГц	28 ГГц
Мощность передатчика (дБВт)	-10	-10	-23	-20
Выходная спектральная плотность (дБ(Вт/МГц))	-17	-18,1	-30	-28,1
Коэффициент шума (дБ)	7	6	7	6
Расчетный тепловой шум приемника (дБ(Вт/МГц))	-137	-138	-137	-138
Усиление антенны (дБи)	37/43	36/42	37/43	36/42
Диаграмма направленности антенны	Рек. МСЭ-R F.1245	Рек. МСЭ-R F.1245	Рек. МСЭ-R F.1245	Рек. МСЭ-R F.1245
Потери в фидере (дБ)	0	0	0	0
Модуляция	4-ФМ	4-ФМ	4-ФМ	4-ФМ

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Усиление антенны на частоте 31 ГГц, равно 43 дБи, соответствует диаметру антенны 60 см для передачи на дальнее расстояние, в то время как 37 дБи соответствует диаметру антенны 30 см. Предполагается, что антенна диаметром 30 см используется для углов места более 5°, а в остальных случаях используется антенна диаметром 60 см. Аналогичное предположение делается в случае 28 ГГц.

ТАБЛИЦА 3
Параметры станции ФБД системы П-П

Параметр	31 ГГц	28 ГГц
Мощность передатчика (дБВт)	-3	-3
Выходная спектральная плотность (дБ(Вт/МГц))	-6	-6
Коэффициент шума (дБ)	7	8
Расчетный тепловой шум приемника (дБ(Вт/МГц))	-137	-136
Усиление антенны (дБи)	37/46	36/46
Диаграмма направленности антенны	Рек. МСЭ-R F.1245	Рек. МСЭ-R F.1245
Потери в фидере (дБ)	0	0
Модуляция	4-ЧМ	4-ФМ

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Усиление антенны на частоте 31 ГГц, равно 46 дБи, соответствует диаметру антенны 90 см для передачи на дальнее расстояние, в то время как 37 дБи соответствует диаметру антенны 30 см. Предполагается, что антенна диаметром 30 см используется для углов места более 5°, а в остальных случаях используется антенна диаметром 90 см. Аналогичное предположение делается в случае 28 ГГц.

Приложение 3

Методика оценки помех, создаваемых NAPS станциям систем ФБД в полосах частот 27,5–28,35 ГГц, с использованием стохастического подхода

1 Введение

В данном Приложении представлена методика оценки помех и примеры оценки помех, создаваемых NAPS системе ФБД, работающей в полосах частот 27,5–28,35 ГГц, с использованием стохастического подхода с учетом реальных условий работы. Представляется очевидным, что доминирующим параметром при помехах абонентской станции ФБД является усиление антенны станции ФБД по направлению NAPS. Помехи оцениваются исходя из того, что углы места у антенн абонентских станций ФБД находятся в соответствии со стохастическим распределением типовых систем ФБД, а азимутальные углы имеют случайное распределение.

Помехи базовым станциям ФБД также оцениваются по отношению расстояния от NAPS при предположении, что секторные антенны расположены горизонтально и направлены на NAPS.

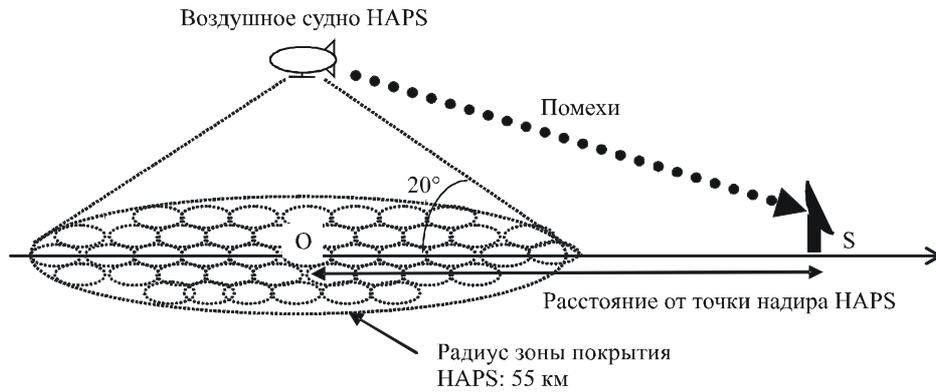
2 Имитационная модель

2.1 Методика расчета

Помехи системе ФБД от воздушного судна NAPS рассчитываются, используя сценарий, показанный на рисунке 12. Методика, описанная в параграфе 2.1 в Приложении 1 к данной Рекомендации, используется с учетом следующих условий.

РИСУНОК 12

Модель для имитации помех



O: Точка надира воздушного судна HAPS
 S: Абонентская станция ФБД в эталонной точке

1609-12

2.1.1 Линия вниз HAPS

Технические характеристики системы HAPS основаны на Рекомендации МСЭ-R F.1569. Предполагается, что мощность помех – это совокупная эквивалентная изотропно-излучаемая мощность (э.и.и.м.), создаваемая всеми лучей HAPS, направленными на эталонную точку в том же частотном интервале. Для более консервативной оценки предполагается передача в свободном пространстве.

2.1.2 Абонентская станция ФБД

Параметры абонентских станций описаны в Дополнении 2 к Приложениям данной Рекомендации. Абонентские станции располагаются в эталонной точке с углами направленности антенны в соответствии с предполагаемой статистикой применений, как представлено в параграфе 2.3.

2.1.3 Базовая станция ФБД

Параметры базовых станций описаны в Дополнении 2 к Приложениям данной Рекомендации.

2.2 Система HAPS

Типичная конфигурация системы HAPS приведена в Рекомендации МСЭ-R F.1569. Параметры, используемые для оценки, суммированы в таблице 4.

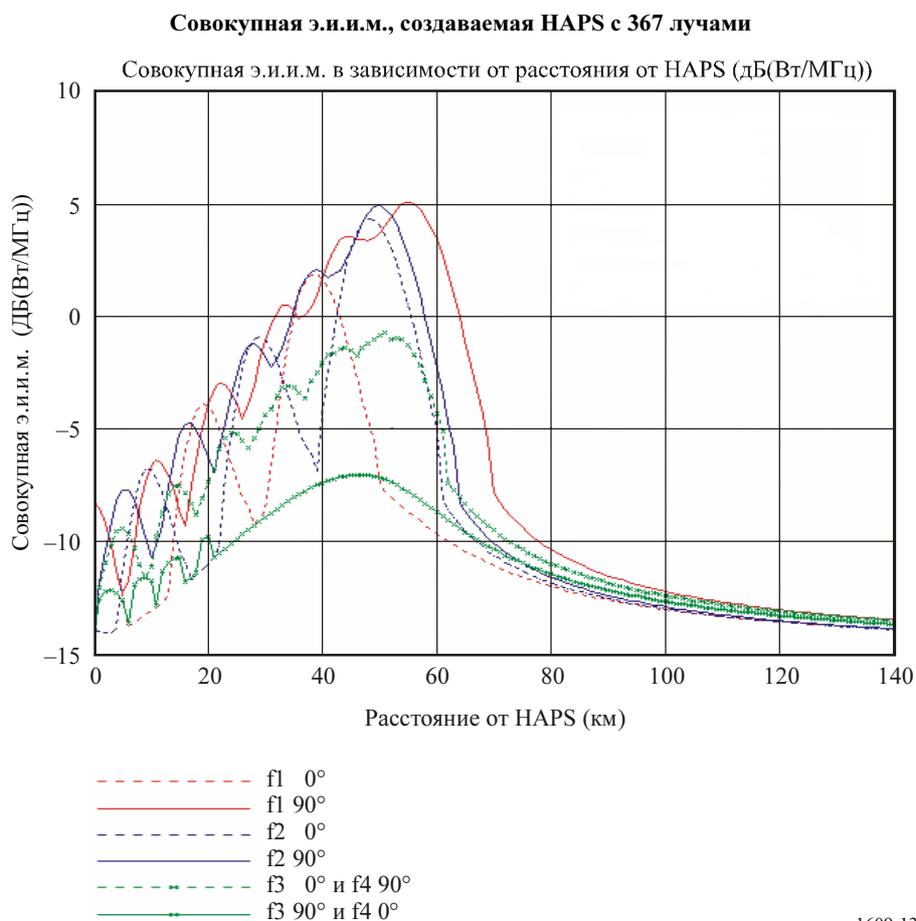
ТАБЛИЦА 4

Параметры линии вниз системы HAPS

Параметр	Описание
Количество лучей	367
Коэффициент повторного использования частот	4
Совокупная э.и.и.м.	См. рис. 13 ($f_1 90^\circ$)
Усиление антенны	16,5–29,5 дБ
Диаграмма направленности антенны	Рекомендация МСЭ-R F.1245
Радиус зоны покрытия	55 км (минимальный угол места 20°)

367 лучей допускают повторное использование частот с коэффициентом четыре (4) таким образом, что мощность передачи от HAPS в направлении на Землю изменяется в зависимости от частотных интервалов и направлений излучения. На рисунке 13 показаны значения э.и.и.м. для каждого частотного интервала, выраженные как характеристики расстояния от точки надира HAPS в двух ортогональных направлениях по азимуту (0° и 90° от оси x). При оценке используется э.и.и.м. для "f1 90° ", которая создает наихудшие помехи системе ФБД вне зоны обслуживания HAPS.

РИСУНОК 13



1609-13

2.3 Абонентская станция ФБД

2.3.1 Параметры абонентской станции

В данном расчете использованы параметры абонентской станции ФБД, приведенные в таблице 2 в Дополнении 2 к Приложениям данной Рекомендации.

2.3.2 Статистики развертывания

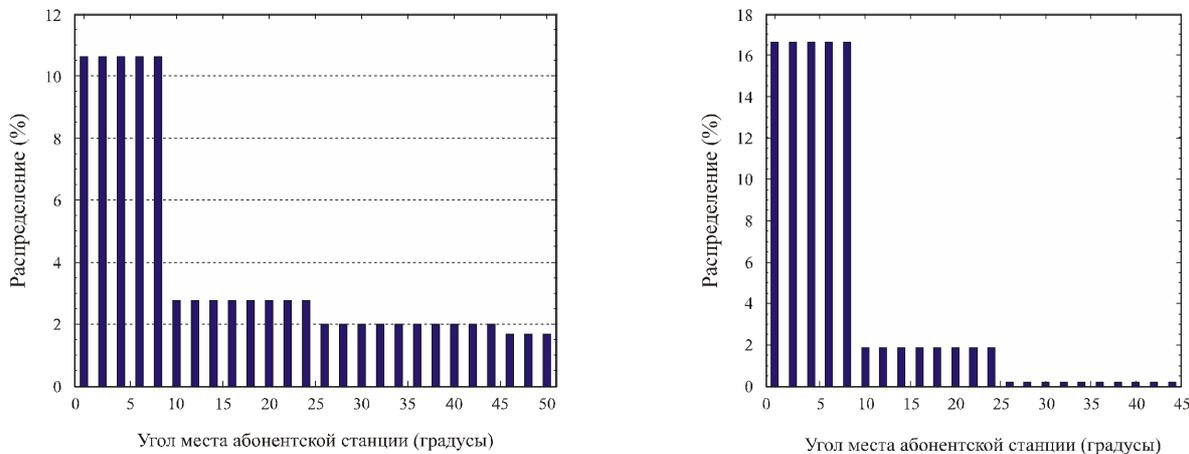
Угол места:

В Рекомендации МСЭ-R F.1498 приведены два примера статистик угла места системы ФБД в диапазоне частот 38 ГГц: модель США и японская модель представлены на рисунке 6 и 8 в Приложении 1 данной Рекомендации, соответственно. Эти примеры недостаточно пригодны для оценки помех, так как данное распределение слишком укрупненное. В настоящей Рекомендации предполагается, что это распределение однородно в соответствующих интервалах. Например, модель США дает распределение 53% для интервала углов места менее 10° . Это значение при расчете преобразовано в 53/5% (=10,6%) для углов

места 0° , 2° , 4° , 6° , 8° , соответственно. Распределение углов места, используемое при расчете, показано на рисунке 14.

РИСУНОК 14

Распределение углов места абонентской станции ФБД



а) Модель США

б) Японская модель

1609-14

Угол азимута:

Предполагается, что углы азимута абонентских станций имеют однородное распределение.

Характеристики условий распространения радиоволн:

В дополнение к потерям в свободном пространстве учтены потери при атмосферном поглощении для областей средних широт, описанные в Приложении 1. Для того чтобы исследование было более консервативным, какое-либо влияние рельефа местности или зданий не учитывалось, хотя на практике можно ожидать значительных потерь.

Другие факторы:

В данном моделировании не учитывалась высота расположения антенны абонентской станции, потому что она не является существенным фактором при передаче в условиях прямой видимости.

2.4 Базовая станция ФБД

В этом исследовании использованы параметры базовой станции ФБД, приведенные в таблице 1 в Дополнении 2 к Приложениям данной Рекомендации. Тип антенны базовой станции – секторный с максимальным усилением 15 дБ и ее диаграмма направленности в плоскости угла места соответствует Рекомендации МСЭ-R F.1336. Предполагается, что антенна узловой станции направлена на точку надира HAPS с углом места, равным 0° .

3 Результаты расчета

Для абонентской станции ФБД значения отношения помехи к шуму (I/N) оцениваются как функция расстояния между станцией и точкой надира HAPS. На рисунках 15 и 16 показана вероятность превышения критериев $I/N = -20$ дБ и -10 дБ для абонентских станций, имеющих предполагаемые статистики распределения углов места. Из них видно, что значение показателя I/N может быть значительно уменьшено при расположении абонентских станций на расстоянии 70 км от HAPS.

Для базовой станции ФБД вне зоны обслуживания HAPS рассчитанные значения отношения I/N могут быть очень малыми, как показано на рисунке 17.

РИСУНОК 15

Вероятность I/N абонентской станции ФБД: модель Соединенных Штатов
для распределения углов места EL

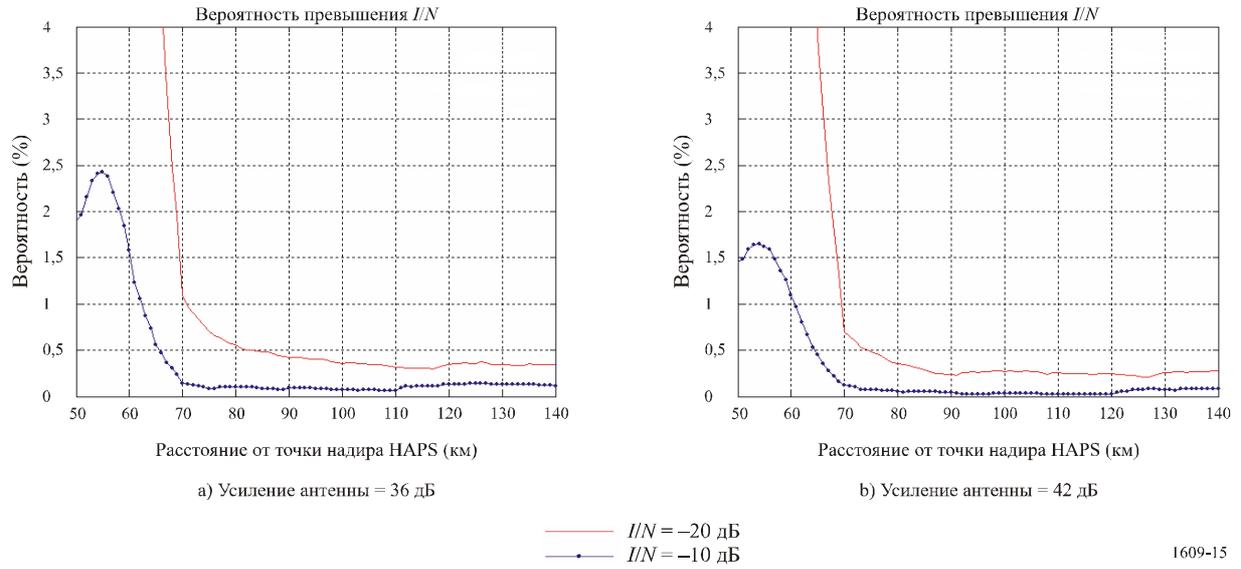


РИСУНОК 16

Вероятность I/N абонентской станции ФБД: японская модель
для распределения углов места EL

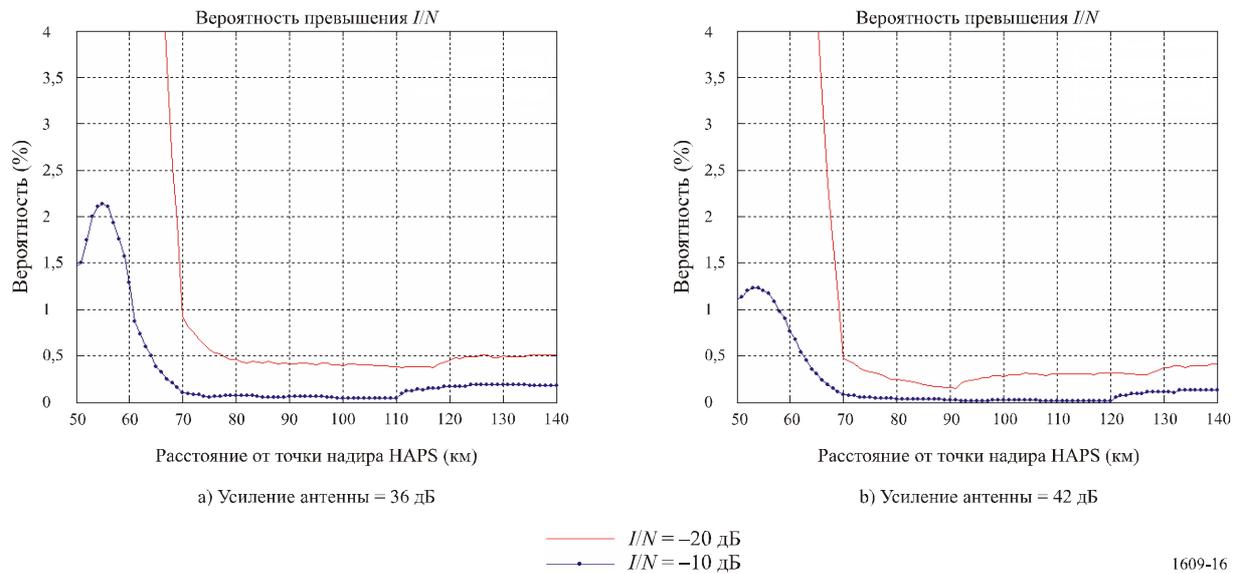
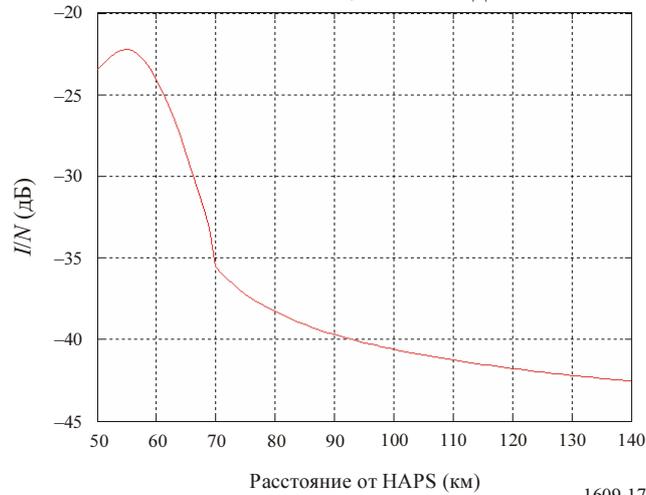


РИСУНОК 17

 I/N базовой станции ФБД I/N базовой станции П-МП ФБД

1609-17

4 Резюме

Было продемонстрировано, что вероятность возникновения помех, создаваемых воздушным судном НАРС абонентской станции ФБД, может быть значительно снижена, если учесть стохастические факторы системы ФБД. Пример оценки показывает, что вероятность возникновения заметных помех может быть значительно уменьшена, при условии что абонентская станция ФБД будет удалена на 70 км от точки надира платформы НАРС.

В отношении базовой станции ФБД максимальное значение показателя I/N может быть меньше -20 дБ даже при самых неблагоприятных предположениях.

Следует отметить, что эта оценка является консервативной и величина помех может быть в дальнейшем снижена в реальных условиях эксплуатации, принимая во внимание другие факторы распространения, включая экранирование от зданий, затухание в атмосфере и затухание в дожде.