

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1141-2*,**

Совместное использование диапазона частот 1–3 ГГц негеостационарными космическими станциями, работающими в подвижной спутниковой службе, и станциями фиксированной службы

(Вопросы МСЭ-R 201/8 и МСЭ-R 118/9)

(1995-1997-2005)

Сфера применения

Уровни плотности потока мощности (п.п.м.) и частичное ухудшение характеристик представлены как пороговые величины для координации частотных присвоений для передатчиков космических станций на негеостационарных орбитах (НГСО) подвижной спутниковой службы (ПСС) и приемных станций фиксированной службы (ФС) в совместно используемых этими службами полосах частот в диапазоне частот 1–3 ГГц. В приложениях описывается методика совмещения между группировками передатчиков космических станций НГСО и приемными фиксированными станциями, а также представлена сводка результатов изучения совместного использования частот передающими фиксированными станциями и приемниками космических станций НГСО.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что необходимо изучить критерии для совместного использования и координации систем подвижной спутниковой службы (ПСС), фиксированной службы (ФС) и подвижной службы;
- b) что полосы частот 2170–2200 МГц, 2483,5–2500 МГц и 2500–2535 МГц распределены ПСС (космос-Земля) и фиксированной службе (ФС) на совместной первичной основе;
- c) что полосы частот 1518–1525 МГц, 1525–1530 МГц и 2160–2170 МГц распределены ПСС (космос-Земля) и ФС в некоторых районах или некоторыми администрациями на совместной первичной основе;
- d) что в течение нескольких десятилетий системы ФС эксплуатировались многими администрациями в полосах частот, заново распределенных ПСС;
- e) что радиовещатели во многих странах используют вспомогательные службы как фиксированного, так и подвижного характера в определенных полосах, совместно используемых с ПСС;
- f) что при оценке ситуаций совмещения в диапазоне частот 1–3 ГГц необходимо учитывать характер систем ФС (аналоговые "точка-точка", цифровые "точка-точка", цифровые "точка-много точек", включая системы абонентского доступа);
- g) что для совмещения в диапазоне частот 1–3 ГГц необходимо учитывать характеристики НГСО ПСС;
- h) что конкретные значения п.п.м., создаваемой различными спутниковыми группировками НГСО ПСС, приводят к различным значениям показателей частичного ухудшения характеристик (FDP) (Рекомендация МСЭ-R F.1108);

* Данная Рекомендация применяется только для совмещения в направлении космос-Земля. Никаких специальных критериев для совмещения в направлении Земля-космос не разработано.

** Пересмотр данной Рекомендации был подготовлен совместно 8-й и 9-й Исследовательскими комиссиями по радиосвязи, и в дальнейшем любые пересмотры будут также выполняться совместно.

- j) что было предложено несколько систем НГСО ПСС, использующих методы многостанционного доступа с кодовым разделением (МДКР) для совместного использования частотного спектра в направлении космос-Земля в полосе частот 2483,5–2500 МГц на основе совмещения частот;
- к) что анализ, выполненный по описанной в Рекомендации МСЭ-R F.1108 методике, показывает для систем НГСО ПСС возможность совместного использования спектра с аналоговыми радиорелейными системами в полосе частот 2483,5–2500 МГц (см. Приложение 1) и в полосе частот 2160–2200 МГц, даже при условии выбора в качестве порога для координации более высоких значений п.п.м., чем те, которые указаны в п. 21.16 Регламента радиосвязи (РР) в полосе частот 3400–4200 МГц;
- л) что анализ, выполненный по описанной в Рекомендации МСЭ-R F.1108 методике для построенных в настоящее время цифровых радиорелейных систем, показывает, что критерий защиты на основе FDP будет превышать в полосе частот 2483,5–2500 МГц, где для систем НГСО ПСС используются значения п.п.м., установленные в п. 21.16 в полосе частот 3400–4200 МГц (см. Приложение 1);
- м) что наличие помех от промышленного, научного и медицинского оборудования и передатчиков локальных радиосетей (RLAN) в полосе частот 2483,5–2500 МГц делает эту полосу непривлекательной во многих странах для цифровых радиорелейных систем;
- п) что Рекомендация МСЭ-R F.1246 устанавливает эталонную ширину полосы частот систем ФС, которая должна использоваться при определении уровней порога для координации,

рекомендует,

- 1** чтобы критерии, выраженные через значения FDP в эталонной ширине полосы частот 1 МГц и представленные в таблице 1, использовались бы в качестве пороговых значений для координации систем НГСО ПСС (космос-Земля) и цифровых систем ФС в перечисленных полосах частот, за исключением отмеченных в п. 3 (см. Примечание 2);
- 2** чтобы критерии, выраженные через значения п.п.м. с использованием эталонной ширины полосы частот, равной 1 МГц, по таблице 1, и 4 кГц, по таблице 2, рассматривались в качестве пороговых значений систем для координации НГСО ПСС (космос-Земля) и аналоговых систем телефонии ФС в перечисленных полосах частот (см. Примечание 1); для аналоговых телевизионных систем ФС должны применяться только значения п.п.м. с эталонной шириной полосы частот, равной 1 МГц, приведенные в таблице 1 (см. Примечания 1, 3, 4, 5 и 6);
- 3** чтобы для согласования с системами НГСО ПСС в полосе частот 2483,5–2500 МГц новые цифровые радиорелейные системы типа "точка-точка" и "точка-много точек" проектировались и эксплуатировались на условиях совместимости по значениям п.п.м., приведенным в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Пороговые значения для координации в конкретных полосах частот, используемых для систем НГСО ПСС (космос-Земля) и ФС (п.п.м. для аналоговых и FDP для цифровых)

Полоса частот (МГц)	п.п.м. на космическую станцию при угле прихода δ (градусов) (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	FDP (%) (см. Примечание 2)
1 51–1525	–128 для $0^\circ \leq \delta < 5^\circ$ –128 + 0,5 ($\delta - 5$) для $5^\circ \leq \delta < 25^\circ$ –118 для $25^\circ \leq \delta < 90^\circ$	25
1 525–1 530	–128 для $0^\circ \leq \delta < 5^\circ$ –128 + 0,5 ($\delta - 5$) для $5^\circ \leq \delta < 25^\circ$ –118 для $25^\circ \leq \delta < 90^\circ$	25
2 160–2 170	–123 для $0^\circ \leq \delta < 5^\circ$ –123 + 0,5 ($\delta - 5$) для $5^\circ \leq \delta < 25^\circ$ –113 для $25^\circ \leq \delta < 90^\circ$ (см. Примечание 3)	25
2 170–2 200	–123 для $0^\circ \leq \delta < 5^\circ$ –123 + 0,5 ($\delta - 5$) для $5^\circ \leq \delta < 25^\circ$ –113 для $25^\circ \leq \delta < 90^\circ$ (см. Примечание 3)	25
2 483,5–2 500	–126 для $0^\circ \leq \delta < 5^\circ$ –126 + 0,65 ($\delta - 5$) для $5^\circ \leq \delta < 25^\circ$ –113 для $25^\circ \leq \delta < 90^\circ$ (см. Примечание 4)	Значения п.п.м. из предыдущей колонки применяются к цифровым радиорелейным системам в этой полосе частот (см. Примечание 4)
2 500–2 535	–128 для $0^\circ \leq \delta < 5^\circ$ –128 + 0,5 ($\delta - 5$) для $5^\circ \leq \delta < 25^\circ$ –118 для $25^\circ \leq \delta < 90^\circ$	25

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В случае совмещения с аналоговыми системами для телефонии в ФС, дальнейшая координация требуется, когда значения п.п.м. больше или равны значениям порога для координации в таблицах 1 и 2.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Концепция расчета FDP для сети ФС содержится в Рекомендации МСЭ–R F.1108.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Значения п.п.м., заданные для полосы частот 2160–2200 МГц, обеспечивают полную защиту аналоговых радиорелейных систем по критериям совмещения, установленных в Рекомендации МСЭ–R SF.357, для работы с системой НГСО ПСС, использующей узкополосные методы многостанционного доступа на основе временного и частотного разделения (МДВР/МДЧР).

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Значения п.п.м., заданные для полосы частот 2483,5–2500 МГц, обеспечивают полную защиту аналоговых радиорелейных систем по критериям совмещения, установленных в Рекомендации МСЭ–R SF.357, для работы с несколькими системами НГСО ПСС, использующими методы МДКР (см. Приложение 1). Заданные значения п.п.м. не обеспечат полную защиту существующих цифровых фиксированных систем во всех случаях. Однако считается, что эти значения п.п.м. обеспечат адекватную защиту для цифровых фиксированных систем, разработанных для работы в этой полосе частот, где ожидается, что промышленное, научное и медицинское оборудование с высокой мощностью и, возможно, с малой мощностью создадут помехи с относительно высоким уровнем.

ТАБЛИЦА 2

Пороговые значения для координации в конкретных полосах частот, используемых для систем НГСО ПСС (космос-Земля) и ФС (аналоговые системы для телефонии)

Полоса частот (МГц)	п.п.м. на космическую станцию при угле прихода δ (градусов) (дмБ(Вт/(м ² · 4 кГц)))		
1518–1 525	–146	для	$0^\circ \leq \delta < 5^\circ$
	$-146 + 0,5 (\delta - 5)$	для	$5^\circ \leq \delta < 25^\circ$
	–136	для	$25^\circ \leq \delta < 90^\circ$
1 525–1 530	–146	для	$0^\circ \leq \delta < 5^\circ$
	$-146 + 0,5 (\delta - 5)$	для	$5^\circ \leq \delta < 25^\circ$
	–136	для	$25^\circ \leq \delta < 90^\circ$
2 160–2 170	–141	для	$0^\circ \leq \delta < 5^\circ$
	$-141 + 0,5 (\delta - 5)$	для	$5^\circ \leq \delta < 25^\circ$
	–131	для	$25^\circ \leq \delta < 90^\circ$
	(см. Примечание 3)		
2 170–2 200	–141	для	$0^\circ \leq \delta < 5^\circ$
	$-141 + 0,5 (\delta - 5)$	для	$5^\circ \leq \delta < 25^\circ$
	–131	для	$25^\circ \leq \delta < 90^\circ$
	(см. Примечание 3)		
2 483,5–2 500	–144	для	$0^\circ \leq \delta < 5^\circ$
	$-144 + 0,65 (\delta - 5)$	для	$5^\circ \leq \delta < 25^\circ$
	–131	для	$25^\circ \leq \delta < 90^\circ$
2 500–2 535	–146	для	$0^\circ \leq \delta < 5^\circ$
	$-146 + 0,5 (\delta - 5)$	для	$5^\circ \leq \delta < 25^\circ$
	–136	для	$25^\circ \leq \delta < 90^\circ$

ПРИМЕЧАНИЯ 1–4. – См. таблицу 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Основанные на Рекомендации МСЭ-R F.1246, касающейся эталонной ширины полосы частот, значения п.п.м., заданные в таблице 2 для эталонной ширины полосы частот 4 кГц, на 18 дБ ниже значений п.п.м., заданной в таблице 1 для эталонной ширины полосы частот 1 МГц. Эти значения подходят для защиты аналоговых систем ФС средней и малой емкости (960 каналов или меньше), как объясняется в Рекомендации МСЭ-R F.1246.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Подход, использующий обе эталонные полосы 1 МГц и 4 кГц, одобренный в пункте 2 раздела *рекомендует*, применим только к полосам частот в диапазоне частот 1–3 ГГц, совместно используемом ПСС и ФС. Этот результат основывается на том факте, что используемые аналоговые системы ФС в этих полосах частот обычно имеют малую и среднюю емкость (960 каналов или меньше). Этот подход не применим для других полос частот, где используются аналоговые радиорелейные системы большой емкости.

Приложение 1

Методика совместного использования и критерии помех, используемые для определения пороговых критериев для координации

1 Описание методики

Методика определения порога для координации линий вниз НГСО ПСС и ФС основана на Рекомендации МСЭ-R F.1108. Эта Рекомендация содержит:

- метод определения статистики видимости спутников НГСО наземных станций. Метод учитывает орбитальные параметры систем НГСО, движение Земли и соответствующие геометрические факторы. Это достаточно сложный метод, требующий наличия компьютерной программы для определения статистики видимости;
- метод, устанавливающий связь между уровнем помехи и FDP для цифровых сетей ФС;
- метод, устанавливающий связь между уровнем помехи и ухудшением качества для аналоговых сетей ФС.

Для случая цифровой ФС влияние помехи сказывается на характеристике помехозащищенности (увеличение отказов), и оно имеет единственное значение (например, 10%).

Для случая аналоговой ФС используется двухточечный шаблон норм на помехи, состоящий из норм на долговременную и кратковременную помехи.

1.1 Методика моделирования

Для моделирования помех в сети ФС от группировки(ок) спутников НГСО, работающих в полосе частот 2483,5–2500 МГц, была использована компьютерная программа. Программа рассчитывает позиции спутников на орбите в каждый момент времени, а совокупная помеха от всех спутников, видимых со станции(й) ФС, определяется из уравнения (1):

$$I = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \rho(\delta_{ij}) A_{iso} G(\theta_{ij}), \quad (1)$$

где:

- i : один из N видимых спутников
- j : один из M станций по маршруту
- $\rho(\delta_{ij})$: п.п.м., принятая станцией j от i -го спутника
- δ_{ij} : угол места в направлении от станции j на i -й спутник
- A_{iso} : площадь изотропной антенны
= $\lambda^2/4\pi$
- $G(\theta_{ij})$: усиление антенны j -й станции в направлении i -го спутника
- θ_{ij} : угол между вектором наведения антенны j -й станции и вектором расстояния между j -й станцией и i -м спутником.

П.п.м., попадающая на приемную антенну станции в зависимости от угла места, может быть выражена следующим образом:

$$\rho(\delta) = \begin{cases} \rho(5) & \text{для } 0^\circ \leq \delta < 5^\circ & (2a) \\ \frac{\rho(25) - \rho(5)}{20} (\delta - 5) + \rho(5) & \text{для } 5^\circ \leq \delta < 25^\circ & (2b) \\ \rho(25) & \text{для } 25^\circ \leq \delta < 90^\circ, & (2c) \end{cases}$$

где:

δ : угол места (в градусах)

ρ : п.п.м. (дБ(Вт/м²)) в эталонной ширине полосы частот

$\rho(5)$: значение п.п.м. при $\delta \leq 5^\circ$

$\rho(25)$: значение п.п.м. при $\delta \geq 25^\circ$.

В свою очередь, можно задать параметры спутникового луча и вывести соответствующие значения п.п.м. при различных углах прихода.

Усиление антенны станции ФС типа "точка-точка" соответствует диаграмме направленности антенны, имеющей усредненные уровни боковых лепестков, которые определены в Примечании 6 к Рекомендации МСЭ-R F. 699. Для систем типа "точка-много точек" также может использоваться подходящая диаграмма излучения антенны.

1.2 Аналоговые системы ФС

Предполагается, что на трассе с центром на заданной широте имеется 51 аналоговая станция. Трассы перекрывают расстояние 2500 км с расположением станций ровно через 50 км одна от другой. Азимут каждой станции определяется заданным углом основного направления и переменным углом, равномерно распределенным в пределах $\pm 12,5^\circ$. В анализе используются углы основного направления, которые изменяются от 10° до 170° с шагом 20° . Каждая станция имеет антенну с высоким усилением, направленную на следующую станцию под углом места, равным 0° .

Программа рассчитывает статистику помех, основанную на вычислении суммарной мощности помех в каждой точке выборки. Статистика помех определяется вероятностью того, что суммарная мощность принимаемых помех превышает заданный уровень. Помеховый интеграл затем преобразуется в мощность помехи в основной полосе частот канала 4 кГц с помощью выражения:

$$N_{ch} = \frac{N_T}{k T B} I, \quad (3)$$

где:

N_T : мощность теплового шума, введенного в основную полосу частот канала 4 кГц станции, принимается равной 25 пВт психофотметрически взвешенная в точке с относительным нулевым уровнем (пВт0п)

k : постоянная Больцмана

T : шумовая температура приемной системы станции

B : эталонная ширина полосы частот = 4 кГц

I : совокупная принимаемая мощность помехи в эталонной ширине полосы частот.

1.3 Цифровые системы ФС

Для анализа необходим только один цифровой приемник ФС в отличие от полной трассы. Станция ФС располагается на определенной широте, и ее азимут наведения изменяется от 0° до 180°. Предполагается, что каждая станция использует антенну с высоким усилением при угле места 0°.

Программа рассчитывает совокупную помеху, принимаемую станцией ФС в каждый момент времени.

Затем рассчитывается показатель FDP для цифровой станции:

$$FDP = \sum_{I_i = \min}^{\max} \frac{I_i f_i}{N_T}, \quad (4)$$

где:

- I_i : уровень мощности помехи
- f_i : часть периода времени, в течение которого мощность помехи равна I_i
- N_T : уровень мощности шума приемной системы станции = $k T B$
- k : постоянная Больцмана
- T : эффективная шумовая температура приемной системы станции
- B : эталонная ширина полосы частот = 1 МГц.

Уменьшение запаса на замирание (FML) определяется выражением:

$$FML = 10 \log (1 + FDP) \quad \text{дБ}$$

10% FDP соответствует уменьшению запаса на замирание приблизительно на 0,4 дБ, 25% FDP – уменьшению на 1 дБ и 100% FDP – уменьшению на 3 дБ.

1.4 Несколько группировок НГСО

1.4.1 Аналоговые системы ФС

При анализе воздействия на ФС нескольких группировок НГСО компьютерная программа генерирует дискретную функцию плотности вероятности (ф.п.в.) мощности помехи в каждом канале ФС для каждой НГСО системы ПСС. Если интервалы дискретизации помехи достаточно малы, то дискретная ф.п.в. будет близко аппроксимировать непрерывную ф.п.в. помех радиорелейным системам прямой видимости от конкретного типа системы НГСО ПСС. В частности, ф.п.в. мощности помехи I_j , от j НГСО ПСС может быть записана как:

$$p_j(I_j) \quad (5)$$

На следующем шаге можно получить ф.п.в. мощности помехи для двух или более систем НГСО ПСС. Ф.п.в. суммы двух некоррелированных случайных величин получается сверткой отдельных ф.п.в. В общем случае, если:

$$z = x + y, \quad (6)$$

где x и y – некоррелированные случайные величины, а ф.п.в. x и y есть $p_x(x)$ и $p_y(y)$, то ф.п.в. z определяется интегралом свертки:

$$p_z(z) = \int_{-\infty}^{\infty} p_x(z - y) p_y(y) dy. \quad (7)$$

Главным предположением, связанным с интегралом свертки, является некоррелированность случайных переменных x и y . Предполагается, что это является случаем систем НГСО ПСС вследствие отличий параметров орбит различных систем, хотя это требует подтверждения. Тогда для получения ф.п.в. суммарной помехи $p(I)$ радиорелейным системам прямой видимости, создаваемой двумя системами НГСО ПСС j и k можно использовать интеграл свертки :

$$p(I) = \int_{-\infty}^{\infty} p_j(I - I_k) P_k(I_k) dI_k . \quad (8)$$

Выражение (8) может использоваться многократно (n -кратная свертка) для получения ф.п.в. суммарной помехи от n независимых систем НГСО ПСС.

Интегральная функция распределения (cdf) получается согласно выражению:

$$P(I > x) = \int_x^{\infty} p(I) dI = \sum_x^{\infty} p(I), \quad (9)$$

где:

$P(I > x)$: cdf мощности помехи в телефонном канале

$p(I)$: дискретная или непрерывная ф.п.в.

1.4.2 Цифровые системы ФС

Расчет FDP, приведенный в п. 1.3, это лишь часть мощности помехи, нормированной к шуму на входе приемника в эталонной полосе. Поэтому FDP при наличии помех от нескольких независимых группировок равен сумме показателей ухудшения, обусловленных каждой группировкой.

Для цифровых систем используются два типа антенн: антенны с круговой симметрией и относительно высоким усилением и антенны с усилением от низкого до среднего, причем оно постоянно в азимутальной плоскости и изменяется в плоскости угла места. Предполагается, что во всех цифровых радиорелейных системах прямой видимости и системах абонентского доступа с секторальными антеннами используются антенны с круговой симметрией. Считается, что диаграммы направленности антенн этого типа соответствуют диаграмме направленности антенны с усредненными уровнями боковых лепестков, как определено в Примечании 6 к Рекомендации МСЭ-R F.699.

2 Результаты

Было осуществлено несколько компьютерных моделирований в соответствии с использованием общей методики для определения значений п.п.м., которые гарантируют соблюдение соответствующих норм на помехи ФС. В данном разделе содержатся результаты этих экспериментов.

Аналоговые системы ФС

Были оценены значения п.п.м. для защиты аналоговых радиорелейных трас длиной 2500 км, расположенных на широте, равной 15°, 40° и 60°, от излучений систем НГСО ПСС. Значения были определены, исходя из комбинации трех группировок НГСО ПСС, выбранных из четырех репрезентативных систем.

При анализе использовалось базовое значение п.п.м., равное -150 дБ(Вт/(м² · 4 кГц)) для углов места менее 5°, которое затем линейно возрастало до -137 дБ(Вт/(м² · 4 кГц)) до угла, равного 25°, и затем сохранялось постоянным вплоть до угла, равного 90°. Установлено, что за исключением одной или двух линий главного направления, расположенных на более высоких широтах, шаблон -150/-137 дБ(Вт/(м² · 4 кГц)) обеспечивает защиту аналоговых радиорелейных систем, соответствующую значениям, приведенным в Рекомендации МСЭ-R SF.357.

Предполагается, что четыре системы НГСО используют метод МДКР и что все они построены так, что могут совмещаться как по частоте, так и по зонам покрытия.

Цифровые системы ФС

Для нескольких систем НГСО ПСС, создающих помехи цифровым станциям типа "точка-точка", использующим приемные антенны с высоким усилением, было установлено, что шаблон п.п.м., необходимый для достижения среднего значения показателя FDP, равного примерно 10%, и выбросами, незначительно превышающими 15%–20%, оказался равным -162 дБ(ВТ/(м² · 4 кГц)) в диапазоне 0–5°, линейно возрастал до -149 дБ(ВТ/(м² · 4 кГц)) при угле места, равном 25°, и оставался на этом уровне вплоть до угла места, равного 90°. При значениях п.п.м., достаточных для защиты работы аналоговых радиорелейных систем типа "точка-точка", т. е. от -150 дБ(ВТ/(м² · 4 кГц)) до -137 дБ(ВТ/(м² · 4 кГц)), цифровые радиорелейные системы типа "точка-точка" имеют среднее значение показателя FDP, равное 160%, с выбросами до 240% и 320% и падениями до 80% в зависимости от широты расположения станции. Значение показателя FDP = 160% эквивалентно уменьшению запаса на замирание примерно на 4 дБ.

2.1 Тенденции

Из результатов анализа можно выделить несколько тенденций.

Принимаемая помеха может быстро меняться с изменением азимута наведения ФС для некоторых группировок НГСО. Группировки с полярными или близкими к полярным орбитами по-разному влияют на ФС с различными азимутальными углами, но эффект значительно менее выражен.

Станции ФС, расположенные на более высоких широтах, обычно испытывают воздействие помех более продолжительное время, чем станции ФС, расположенные на более низких широтах. Это в еще большей степени справедливо для группировок с полярными орбитами, однако в действительных эксплуатационных требованиях может быть предусмотрено выключение внешних лучей из-за наложения зон покрытия и, следовательно, влияние помех будут ослаблено.

Спутниковые группировки на более низких высотах требуют других шаблонов п.п.м. для защиты ФС, чем группировки на более высоких орбитах.

В первом приближении уровни помех с течением времени уменьшаются обратно пропорционально квадрату рабочей частоты.

2.2 Выводы

Трудно выбрать единый шаблон п.п.м., гарантирующий защиту ФС и который одновременно будет справедливым для других группировок НГСО. Выбор конкретного шаблона п.п.м., основанного на одной группировке, может привести к неадекватной защите ФС, так как другая группировка, удовлетворяющая этим требованиям п.п.м., может привести к превышению норм на помехи ФС. Другими словами, две разные группировки НГСО могут работать с разными шаблонами п.п.м., которые одинаково защищают ФС. Вышесказанное не относится к шаблону п.п.м., полученному для нескольких группировок НГСО, которые построены на основе совмещения по частоте и по зоне покрытия и используют метод МДКР.

Требуемая п.п.м. для защиты гипотетической эталонной цепи (ГЭЦ) аналоговой системы ФС длиной 2500 км от одновременных излучений трех группировок НГСО ПСС равна -150 дБ(ВТ/(м² · 4 кГц)) при углах места от 0° до 5°, линейно возрастает до -137 дБ(ВТ/(м² · 4 кГц)) при угле места, равном 25°. Это значение п.п.м. остается постоянным для углов выше 25°. Помехи гипотетической эталонной цепи (ГЭЦ) соответствуют значениям, приведенным в Рекомендации МСЭ-R SF.357.

П.п.м., гарантирующие сохранение FDP для цифровых систем ФС, определенного в Рекомендации МСЭ-R F.1108 на уровне ~ 10%, оказались на 9–10 дБ ниже, чем значения п.п.м., требуемые для защиты характеристик аналоговых систем ФС. Если будут одобрены эти более низкие значения, то будет невозможен ввод в эксплуатацию жизнеспособных систем ПСС НГСО.

Можно заключить, что совмещение этих систем будет легко обеспечено, если установить такие значения п.п.м., которые хотя и приведут к значению показателя FDP, например, превышающего 10%, но не обязательно отвергнут проекты и запретят работу ФС или систем ПСС НГСО в диапазоне 2483,5–2500 МГц.

Приложение 2

Совместное использование полос частот в диапазоне частот 1–3 ГГц передающими станциями ФС и космическими станциями НГСО, работающими в ПСС (Земля-космос)

1 Введение

Было необходимо изучение сценария совместного использования полос частот, выделенных для работы линий Земля-космос ПСС, передающими станциями ФС и приемниками космических станций НГСО ПСС в диапазоне частот 1–3 ГГц, т.е. 1610–1626,5 МГц, 1668–1675 МГц, 1970–2010 МГц и 2655–2690 МГц. Однако изучение возможности совмещения было ограничено полосами 1610–1626,5 МГц и 1970–2010 МГц, так как они представляют непосредственный интерес для реализации систем НГСО ПСС. Для других полос частот исходных данных не получено. Был рассмотрен сценарий совмещения линий тропосферного рассеяния ФС с системами НГСО. Кроме анализа возможностей совмещения обсуждаются возможные варианты регламентирования для систем ФС.

Изучение вопросов совмещения показало, что работа в одном канале передающих станций новых ФС и приемников космических станций НГСО ПСС в полосе 1980–2010 МГц в общем случае невозможна.

Изучение вопросов совмещения в полосе 1610–1626,5 МГц (см. п. 5.359 РР) выявило, что потери емкости трафика могут быть допустимыми в случае очень малой плотности ФС (например, одна на 230 000 км²).

Один вариант улучшения условий совмещения заключался в значительном снижении ограничений на допустимую э.и.м., приведенных в Статье 21 РР для передатчиков ФС. Любые такие ограничения сильно зависят от предположений, касающихся плотности размещения новых передатчиков ФС, и должны быть основаны на предположении высокой плотности ФС. Это привело бы к чрезвычайно жестким ограничениям, предъявляемым к новым станциям ФС, которые невозможно реально выполнить.

Исходя из вышесказанного, никаких специальных критериев для обеспечения возможности совмещения с технической точки зрения разработано не было.

2 Моделирование помех от линий ФС спутниковым приемникам ПСС

2.1 Линии ФС "точка-точка"

Изучение помех от типовых групп передатчиков ФС (около 6000 по всему миру) приемникам космических станций ПСС/НГСО (средневысотная земная орбита) в полосе 1980–2010 МГц показало, что будут создаваться недопустимые помехи приемникам космических станций ПСС/НГСО. Предполагаемый критерий целевой эквивалентной помехи, C/I , не удовлетворялся в течение почти 100% времени. Основываясь на этих исследованиях можно сделать вывод, что совместное совмещение в канале линий вверх ПСС к спутникам НГСО ПСС в участках полосы частот 1980–2010 МГц, которые загружены или остаются сильно загруженными, ФС невозможно.

Отмечается, что предварительная оценка, основанная на интерполяции данных о фактическом использовании ФС в ряде стран, показала, что количество передатчиков ФС типа "точка-точка" может быть больше, чем предполагалось в вышеприведенном исследовании, и это только приведет к дальнейшему увеличению уровня помех.

Дальнейшее изучение помех от типовых групп передатчиков ФС (от 700 до 3000 по всему миру) приемникам космических станций (низкая земная орбита) НГСО/ПСС в полосе частот 1610–1626,5 МГц показало, что потери емкости могут быть допустимыми только в случае очень малой плотности ФС (например, одна на 230 000 км²).

2.2 Линии тропосферного рассеяния ФС

Для случая совмещения систем тропосферного рассеяния ФС и систем ПСС НГСО (средневысотная земная орбита) анализ показал невозможность их совмещения в одном канале. В главном луче передатчика тропосферного рассеяния, работающего при максимальной выходной мощности, на входе спутникового приемника ПСС могут создаваться помехи с уровнем на 60 дБ выше допустимого. Уровни помех, создаваемых по боковым лепесткам антенны, оказываются также выше допустимых. Поэтому было бы необходимо вывести эти системы из эксплуатации, если необходимо реализовать НГСО ПСС на участках полос частот, где работают системы тропосферного рассеяния.

3 Выводы

3.1 Работа в одном канале передающих станций ФС в полосе частот 1980–2010 МГц создаст недопустимые помехи приемникам космических станций НГСО ПСС.

3.2 Для систем ФС в полосе частот 1610–1626,5 МГц (п. 5.359 РР) потеря емкости систем НГСО ПСС может быть допустимой только в случае очень малой плотности ФС (например, одна на 230 000 км²).

3.3 Исходя из отмеченных выше трудностей совмещения, никаких конкретных критериев, облегчающих совмещение с технической точки зрения, разработано не было.
