

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.524-9

Максимально допустимые уровни плотности внеосевой э.и.и.м., создаваемой земными станциями в геостационарных спутниковых сетях работающими в фиксированной спутниковой службе, ведущих передачу в полосах частот 6 ГГц, 13 ГГц, 14 ГГц и 30 ГГц

(Вопросы МСЭ-R 70/4 и МСЭ-R 259/4)

(1978-1982-1986-1990-1992-1994-2000-2001-2003-2006)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации приводятся максимальные уровни внеосевой эквивалентной излучаемой мощности (э.и.и.м.), которые не должны превышать земными станциями, связанными с геостационарными спутниковыми сетями, работающими в фиксированной спутниковой службе и ведущих передачу в полосах частот 6 ГГц, 13 ГГц, 14 ГГц и 30 ГГц. В нескольких примечаниях содержатся дополнительные указания по применению этих уровней внеосевой э.и.и.м.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что геостационарные спутниковые сети в фиксированной спутниковой службе (ФСС) работают в одних и тех же полосах частот;
- b) что, в соответствии с Регламентом радиосвязи (РР), некоторые негеостационарные спутниковые сети в ФСС могут работать в тех же полосах частот, что и некоторые геостационарные спутниковые сети;
- c) что помехи между сетями в ФСС увеличивают шумы в сети;
- d) что необходимо защищать сеть в ФСС от помех, создаваемых другими подобными сетями;
- e) что для обеспечения координации между геостационарными спутниковыми сетями необходимо определить максимально допустимые уровни плотности внеосевой э.и.и.м., создаваемой земными станциями, а также, где возможно, ограничить мощность помех, создаваемых земными станциями ГСО ФСС линиям вверх не-ГСО систем;
- f) что помехи, вносимые земной станцией соседней спутниковой сети в работу приемника космической станции, являются функцией от плотности внеосевой э.и.и.м. земной станции;
- g) что применение антенн с лучшими внеосевыми характеристиками приведет в наиболее эффективному использованию радиочастотного спектра и геостационарной орбиты;
- h) что уровни плотности внеосевой э.и.и.м. определяются усилением в боковых лепестках, уровнем выходной мощности передатчика и спектральным распределением этой мощности;

отмечая,

- a) что в Приложении 1 и Приложении 2 описываются основы, при помощи которых получены некоторые значения уровней, приведенных в настоящей Рекомендации,

рекомендует

1 чтобы земные станции, работающие в ГСО сетях ФСС, ведущих передачу в полосе частот 5725–7075 МГц, разрабатывались так, чтобы при любом угле φ , который на $2,5^\circ$ и более отклоняется от оси главного лепестка антенны земной станции, плотность э.и.и.м. в любом направлении в пределах 3° геостационарной спутниковой орбиты не превышала следующих значений:

1.1 для излучений в системах, отличных от рассматриваемых в п. 1.2 и 1.3 ниже:

<i>Угол отклонения от оси</i>	<i>Максимальная э.и.и.м. на 4 кГц</i>
$2,5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$	$(35 - 25 \log \varphi)$ дБ(Вт/4 кГц)
$48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$	-7 дБ(Вт/4 кГц);

1.2 для излучений в системах передачи сигналов телефонии с автоматическим голосовым управлением ОКН/ЧМ:

<i>Угол отклонения от оси</i>	<i>Максимальная э.и.и.м. на 40 кГц</i>
$2,5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$	$(42 - 25 \log \varphi)$ дБ(Вт/40 кГц)
$48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$	0 дБ(Вт/40 кГц);

1.3 для излучений в системах передачи сигналов телефонии с автоматическим голосовым управлением ОКН/ФМН:

<i>Угол отклонения от оси</i>	<i>Максимальная э.и.и.м. на 40 кГц</i>
$2,5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$	$(45 - 25 \log \varphi)$ дБ(Вт/40 кГц)
$48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$	3 дБ(Вт/40 кГц);

2 для новых антенн земных станций, ведущих передачу в полосе частот 5725–7075 МГц и установленных после 1988 года, использующих излучения, отличные от рассмотренных в пп. 1.2 и 1.3 раздела *рекомендует*, плотность э.и.и.м. не должна превышать следующих значений:

<i>Угол отклонения от оси</i>	<i>Максимальная э.и.и.м. на 4 кГц</i>
$2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(32 - 25 \log \varphi)$ дБ(Вт/4 кГц)
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	11 дБ(Вт/4 кГц)
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(35 - 25 \log \varphi)$ дБ(Вт/4 кГц)
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	-7 дБ(Вт/4 кГц);

3 чтобы земные станции, работающие в сетях ГСО ФСС, ведущих передачу в полосах частот 12,75–13,25 ГГц и 13,75–14,5 ГГц, разрабатывались так, чтобы при любом угле φ , который на $2,5^\circ$ и более отклоняется от оси главного лепестка антенны земной станции, плотность э.и.и.м. в любом направлении в пределах 3° геостационарной спутниковой орбиты не превышала следующих значений:

3.1 для излучений в системах, отличных от рассматриваемых в п. 3.2 раздела *рекомендует*:

<i>Угол отклонения от оси</i>	<i>Максимальная э.и.и.м. на 40 кГц</i>
$2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(39 - 25 \log \varphi)$ дБ(Вт/40 кГц)
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	18 дБ(Вт/40 кГц)
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(42 - 25 \log \varphi)$ дБ(Вт/40 кГц)
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	0 дБ(Вт/40 кГц).

3.2 для излучений ЧМ-ТВ с рассеиванием энергии или без него, суммарная внеосевая э.и.и.м. передаваемой несущей ЧМ-ТВ не должна превышать следующих значений:

<i>Угол отклонения от оси</i>	<i>Максимальная э.и.и.м..</i>
$2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(53 - 25 \log \varphi)$ дБВт
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	32 дБВт
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(56 - 25 \log \varphi)$ дБВт
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	14 дБВт

Для уменьшения помех, создаваемых работе других сетей, излучения ЧМ-ТВ с рассеиванием энергии или без него должны быть все время модулированы программным материалом или соответствующими тестовыми последовательностями. На рисунке 1 Приложения 1 показан пример типового распределения спектра несущей ЧМ-ТВ, модулированного программным материалом вместе с рассеиванием энергии. В том случае, когда излучение ЧМ-ТВ не модулировано, должно использоваться рассеивание энергии для того, чтобы уровни, указанные в п. 3.1 раздела *рекомендует*, не превышались более, чем на 3 дБ;

3.3 Для любого направления за пределами участка 3° геостационарной спутниковой орбиты, уровни, указанные в п. 3.1 и 3.2 раздела *рекомендует*, могут превышать не более, чем на 3 дБ;

4 чтобы земные станции, работающие в сетях ГСО в ФСС, ведущих передачу в полосе частот 27,5–30 ГГц, разрабатывались так, чтобы при любом угле φ , который на 2° и более отклоняется от оси главного лепестка антенны земной станции, плотность э.и.и.м. в любом направлении в пределах 3° геостационарной спутниковой орбиты не превышала следующих значений:

<i>Угол отклонения от оси</i>	<i>Максимальная э.и.и.м. на 40 кГц</i>
$2^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(19 - 25 \log \varphi)$ дБ(Вт/40 кГц)
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	-2 дБ(Вт/40 кГц)
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(22 - 25 \log \varphi)$ дБ(Вт/40 кГц)
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	-10 дБ(Вт/40 кГц).

Для любого направления за пределами участка 3° геостационарной спутниковой орбиты, вышеуказанные уровни могут превышать не более, чем на 3 дБ.

В настоящее время ведутся исследования, которые могут привести к пересмотру этого значения;

5 чтобы следующие примечания рассматривались как часть настоящей Рекомендации:

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значения, указанные выше в п. 1.2 раздела *рекомендует*, применяются в обычном режиме работы систем голосового телефонирования в полосе 4 кГц и основаны на анализе средней мощности шума.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – При меньших значениях плотности э.и.и.м. боковых лепестков можно использовать орбиту более интенсивно и легче обеспечивать координацию, поэтому администрациям рекомендуется достигать более низких значений э.и.и.м. там, где это практически возможно (например, используя антенну с улучшенными параметрами диаграммы направленности в плоскости ГСО).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Значения, указанные в пп. 1–4 раздела *рекомендует* – это максимальные значения в условиях чистого неба. Для систем, использующих регулировку мощности на линии вверх, эти уровни содержат некоторые дополнительные запасы сверх минимально необходимого уровня для условий чистого неба, необходимые для реализации регулировки мощности на линии вверх. Когда на линии вверх используется регулировка мощности, и замирания сигнала в дожде приводят к такой необходимости, уровни, указанные в пп. 3 и 4 раздела *рекомендует*, могут превышать на протяжении этого периода. Когда регулировка мощности на линии вверх не используется, и уровни плотности э.и.и.м., указанные выше в пп. 3 и 4 раздела *рекомендует*, не обеспечиваются, в ходе двусторонней координации могут быть согласованы иные значения, учитывающие конкретные требования (например, влияние замираний в дожде) и параметры затронутых спутниковых сетей.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Уровни плотности э.и.и.м. для углов, которые менее чем на $2,5^\circ$ (для диапазонов частот 6 ГГц, 13 ГГц и 14 ГГц) и менее чем на 2° (для диапазона частот 30 ГГц) отклоняются от главной оси, могут быть определены в координационных соглашениях, учитывающих конкретные параметры двух затронутых спутниковых сетей.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Уровни плотности внеосевой э.и.и.м. за пределами участка 3° геостационарной спутниковой орбиты не применяются ни к антеннам земных станций, которые были готовы к вводу в эксплуатацию¹ до 2 июня 2000 г., ни к земным станциям, связанным со спутниковой сетью в ФСС, для которой полная информация о координатах или уведомление были получены до 2 июня 2000 г.

Линии вверх не-ГСО ФСС систем, использующих полосы частот 12,75–13,25 ГГц и 13,75–14,5 ГГц, должны разрабатываться так, чтобы допускались помехи от земных станций ГСО ФСС сетей, превышающие внеосевые уровни плотности э.и.и.м., указанные в п. 3 раздела *рекомендует*, в пределах участка 3° на величину до 3 дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Для систем ГСО, в которых, как ожидается, земные станции будут непрерывно и одновременно вести передачу в одной и той же полосе частот 40 кГц, например, для систем ГСО, использующих многостанционный доступ с кодовым разделением каналов (МДКР), максимальные значения внеосевой плотности э.и.и.м. должны быть уменьшены на $10 \log(N)$ дБ, где N – число земных станций, находящихся в приемном луче спутника, с которым осуществляют связь эти земные станции, и которые, как ожидается, одновременно ведут передачу на одной и той же частоте.

ПРИМЕЧАНИЕ 7. – Земные станции, работающие в полосе частот 27,5–30 ГГц, должны быть разработаны так, чтобы 90% их пикового значения уровней плотности внеосевой э.и.и.м. не превышали уровней, указанных в п. 4 раздела *рекомендует*. Требуются дополнительные исследования для определения углового диапазона отклонения от оси, в пределах которого такое превышение может быть допустимым, с учетом уровня помех работе соседних спутников. Статистическая обработка пиков плотности внеосевой э.и.и.м. должна выполняться с применением метода, описанного в Рекомендации МСЭ-R S.732.

ПРИМЕЧАНИЕ 8. – Уровни плотности внеосевой э.и.и.м., для полосы частот 29,5–30 ГГц, указанные в п. 4 раздела *рекомендует*, не применимы для земных станций, связанных с сетями ГСО, введенных в эксплуатацию до 2 июня 2000 года.

ПРИМЕЧАНИЕ 9. – Применение п. 4 раздела *рекомендует* для земных станций, работающих с сетями ГСО в полосе частот 27,5–29,5 ГГц, требует учета сетей ГСО, существующих на 1 июля 2003 года.

ПРИМЕЧАНИЕ 10. – Для земных станций ФСС, работающих в полосе частот 27,5–30 ГГц, и имеющих меньшие углы места в направлении на ГСО, будут требоваться более высокие уровни э.и.и.м. по сравнению с такими же терминалами при более высоких углах места для достижения тех же самых значений плотности потока мощности (п.п.м.) на ГСО, из-за суммарного влияния увеличенного расстояния и поглощения в атмосфере. Земные станции с малыми углами места могут превышать уровни, указанные в п. 4 раздела *рекомендует*, на следующие величины (см. Приложение 2):

Угол места в направлении на ГСО (ϵ) Увеличение плотности э.и.и.м. (дБ)

$$\epsilon \leq 5^\circ \qquad 2,5$$

$$5^\circ < \epsilon \leq 30^\circ \qquad 3 - 0,1 \epsilon$$

ПРИМЕЧАНИЕ 11. – Уровни, указанные в п. 3 раздела *рекомендует*, могут быть превышены несущими телеуправления и дальней связи, передаваемыми на спутники ГСО ФСС, как в нормальном режиме работы систем телеуправления, так и в экстренных ситуациях. При нормальном режиме работы величина, на которую могут быть превышены эти уровни, составляет 16 дБ. Для земных станций, эксплуатирующих несущие телеуправления и дальней связи в полосе частот 27,5–30 ГГц, требуются дополнительные исследования.

¹ "Готовы к вводу в эксплуатацию" относится к случаю, когда антенны уже установлены, но начало работы отложено из-за форс-мажорных обстоятельств.

ПРИМЕЧАНИЕ 12. – В диапазоне частот 27,5–29,0 ГГц для земных станций с диаметром антенны менее 65 см уровни плотности внеосевой э.и.и.м., указанные в п. 4 раздела *рекомендует*, могут быть превышены на величину до 3 дБ, при условии, что максимальная плотность внеосевой э.и.и.м. не превышает следующих значений:

Угол отклонения от оси	Максимальная э.и.и.м. на 2 МГц
$2^{\circ} \leq \varphi \leq 7^{\circ}$	$(37 - 25 \log \varphi - 10 \log M)$ дБ(Вт/2 МГц)
$7^{\circ} < \varphi \leq 9,2^{\circ}$	$(16 - 10 \log M)$ дБ(Вт/2 МГц)
$9,2^{\circ} < \varphi \leq 48^{\circ}$	$(40 - 25 \log \varphi - 10 \log M)$ дБ(Вт/2 МГц)
$48^{\circ} < \varphi \leq 180^{\circ}$	$(7 - 10 \log M)$ дБ(Вт/2 МГц),

где M – число земных станций, находящихся в приемном луче спутника, с которым эти земные станции осуществляют связь, и которые, как ожидается, одновременно ведут передачу в одной и той же полосе частот 2 МГц и с одинаковой поляризацией. Следует отметить, что в этих случаях может потребоваться уменьшение плотности э.и.и.м., или дополнительное орбитальное разнесение для того, чтобы получить то же значение помех работе соседнего спутника в направлении Земля-космос, которое получилось бы в результате действия внеосевой э.и.и.м., значения которой указаны в п. 4 раздела *рекомендует*.

ПРИМЕЧАНИЕ 13. – Уровни, указанные в п. 4 раздела *рекомендует*, применимые для углов, диапазон отклонения которых от главной оси составляет от 48° до 180° , предназначены для учета побочных эффектов.

Приложение 1

1 Введение

Помехи, создаваемые передатчиком земной станции спутниковым приемникам других сетей могут быть непосредственно связаны со спектральной плотностью внеосевой э.и.и.м. антенны, создающей помехи земной станции. Эта величина является функцией не только параметров боковых лепестков антенны земной станции, но зависит также от уровня мощности передатчика и его спектральной плотности, которая, в свою очередь, зависит от общей конструкции спутниковой системы.

Определение рекомендованного предела спектральной плотности внеосевой э.и.и.м. может быть сделано с учетом двух точек зрения:

- ограничение уровня помех, принимаемых другим спутником с обязательным учетом помех сетям, использующим большие антенны земных станций;
- определение требований к осевой э.и.и.м. для земных станций, особенно тех, что используют относительно малые антенны, и учет осевого и внеосевого усиления, которое, можно ожидать от таких антенн.

2 Расчет предела плотности внеосевой э.и.и.м. для полосы 6 ГГц

Рассмотрение обеих точек зрения, указанных выше, привело к выводу, что рекомендованный предел должен иметь следующую форму для излучения на линии вверх на частотах около 6 ГГц.

При любом угле φ , который на $2,5^{\circ}$ и более отклоняется от оси главного лепестка антенны земной станции, э.и.и.м. на 4 кГц в любом направлении в пределах участка 3° геостационарной орбиты (ГСО) не должна превышать следующих значений:

Угол отклонения от оси

$$2,5^\circ \leq \varphi \leq 25^\circ$$

$$25^\circ < \varphi \leq 180^\circ$$

Максимальная э.и.и.м. на 4 кГц

$$(E - 25 \log \varphi) \text{ дБ(Вт/4 кГц)}$$

$$(E - 35) \text{ дБ(Вт/4 кГц)}$$

где величина E должна быть в пределах 32,0–38,5. Величина E должна быть мала настолько, насколько это практически реализуемо, и она будет различной для разных полос частот. Для некоторых применений спутниковых систем может быть желательно определить предел плотности внеосевой э.и.и.м. с использованием более строгого значения E (например, 32) в ближней угловой области (например, $\varphi \leq 7^\circ$), и затем ослаблять это значение для больших внеосевых углов. Такой тип пошагового предела позволит ограничить внеосевое излучение в тех угловых участках, где такая величина будет наиболее эффективно ограничивать помехи соседним спутникам.

С точки зрения допустимых помех, создаваемых спутниковой сети с большими антеннами земных станций, можно отметить, что величина $E = 38,5$ позволит земной станции вести передачу с максимальной плотностью э.и.и.м. 21,0 дБ(Вт/4 кГц) при отклонении от оси на 5° .

С точки зрения разумных требований к земным станциям с малыми антеннами можно рассмотреть четыре следующих случая:

Случай 1: несущая ЧМ высокой плотности – большая станция;

Случай 2: ЧМ-ТВ – малая станция (глобальная спутниковая антенна);

Случай 3: ЧМ-ТВ – линия вверх радиовещательного спутника;

Случай 4: Один канал на несущую (ОКН) – узкая полоса.

Предполагая, что:

- шумовая температура спутника ≤ 3000 К;
- коэффициент усиления спутниковой антенны ≥ 16 дБ;
- антенна на земной станции соответствует Рекомендации МСЭ-R S.465 для углов, которые менее чем на 25° отклоняются от главной оси, но огибающая боковых лепестков за пределами 25° имеет постоянный уровень -3 дБи;
- $10 \log$ (шумовая температура земной станции) ≥ 19 .

(Значения для минимальной плотности мощности при угле отклонения от главной оси на 5° показаны в таблице 1.)

ТАБЛИЦА 1

Минимальная плотность внеосевой э.и.и.м. для типовых несущих

	ЧРК-ЧМ 1 332 канала с шириной РЧ полосы 36 МГц	ЧМ-ТВ	ЧМ-ТВ линия вверх радиовещательного спутника	ОКН глобаль- ный
G/T спутника (дБ(К ⁻¹))	-7	-17	0	-17
S/T линии вверх (дБ(Вт/К))	-125	-137	-134	-154
э.и.и.м. (дБВт)	82	80	66	63
Коэффициент усиления передающей антенны земной станции (дБ)	60	53	46	53
Мощность РЧ сигнала на входе антенны земной станции (дБВт)	22	27	20	10

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

	ЧРК-ЧМ 1 332 канала с шириной РЧ полосы 36 МГц	ЧМ-ТВ	ЧМ-ТВ линия вверх радиовещательного спутника	ОКН глобаль- ный
Спектральная плотность мощности РЧ на входе антенны земной станции (дБ(Вт/4 кГц))	-8	0	-4	0
E_{5° (дБ(Вт/4 кГц)) ⁽¹⁾	6,5	14,5	10,5	14,5

⁽¹⁾ Излучение под углом 5° , предполагая что имеет место соотношение $32 - 25 \log \phi$.

Наихудшие помехи будут создаваться в Случае 2, где усиление 53 дБ соответствует антенне диаметром 10 м. Требуемая мощность передатчика составит порядка 500 Вт. При выигрыше от рассеивания энергии в 27 дБ (2 МГц), номинальная плотность передаваемой мощности составит 0 дБ(Вт/4 кГц), что приведет к излучению 14,5 дБ(Вт/4 кГц) при отклонении от оси на 5° .

Поскольку в Случае 4 указано аналогичное значение для плотности излучений внеосевой э.и.и.м., то должны быть рассмотрены другие факторы. В режиме "один канал на несущую" (ОКН) несущие имеют низкие уровни с номинальным уровнем передачи на базовой станции 63,5 дБ(Вт/канал). Поскольку, обычно, при передаче ТВ сигнала используется только рассеяние с небольшой частотой (25 или 30 Гц), считается, что общая мощность несущей должна рассматриваться как импульсная помеха. В этом случае при угле 5° значение C/I составит 22 дБ на линии вверх и 13 дБ на линии вниз. Поскольку критериев для помех, создаваемых в этих случаях не существует, для таких импульсных помех в ходе некоторых аналитических исследований было принято значение суммарного отношения $C/I = 20$ дБ. Учитывая абсолютную неприемлемость такой ситуации, был сделан совершенно обоснованный вывод, что адекватная защита недостижима ни за счет разнесения спутников, ни за счет более строгих ограничений э.и.и.м., поскольку здесь доминирующую роль играет линия вниз. Единственным решением является так ограничить использование двух типов сигналов, чтобы они были также разнесены по частоте в тех случаях, когда ФСС работает и на линии вниз и на линии вверх. Вторым решением, которое может существенно облегчить вышеупомянутую проблему, является использование иного способа рассеивания энергии несущей для телевизионного сигнала при помощи преобразования видеосигнала.

Два примера, полученные на Канадской системе ТЕЛЕСАТ, показывают, что на частоте 6 ГГц и под углом, который на 5° отклоняется от главной оси уровень плотности нежелательной э.и.и.м. в диапазоне, приблизительно, 17–18 дБ(Вт/4 кГц) соответствует передачам в режиме "один канал на несущую", ведущимся с антенны диаметром от 4 до 5 м или телевизионным передачам с антенны диаметром 10 м.

Что касается Случая 4, в Японии были проведены исследования внеосевой плотности э.и.и.м. на ширину полосы 4 кГц для несущей ОКН-ФМН системы ИНТЕЛСАТ и несущей ОКН-ЧМ и ОКН-ФМН системы МАРИСАТ. На основании результатов этих исследований можно сделать вывод, что в случае передачи между земными станциями Standard-B в системе ИНТЕЛСАТ, наихудшая величина плотности внеосевой э.и.и.м., создаваемая передающей земной станцией, на 6 дБ выше величины $35 - 25 \log \phi$ (дБ(Вт/4 кГц)).

Следует отметить, что эти цифры являются только иллюстративным примером для существующих систем. Ни в коем случае эта рекомендация не должна подстраиваться под конкретные существующие системы, а, наоборот, будущие системы должны разрабатываться так, чтобы соответствовать окончательному варианту Рекомендации.

На основании вышесказанного, можно сделать вывод, что защиту использования ГСО на частотах вблизи 6 ГГц при использовании земных станций с малыми антеннами диаметром 4 или 5 м можно обеспечить, применяя следующие принципы:

- следует позаботиться о том, чтобы при частотном планировании обеспечить, чтобы для телевизионных передач в одной сети не использовалась та же частота, которая используется в соседнем спутнике для передачи сигналов телефонии в режиме "один канал на несущую";

- во всех других случаях земные станции должны соответствовать требованиям по пределам спектральной плотности внеосевой э.и.и.м. в направлении на ГСО, указанных во втором параграфе данного раздела, при этом значение E должно лежать в пределах от 32,0 до 38,5.

3 Расчет предела плотности внеосевой э.и.и.м. для полосы частот 10–15 ГГц

При расчете предела плотности внеосевой э.и.и.м. на частотах 10–15 ГГц разумно предположить, что спутниковая приемная антенна, как правило, не обеспечивает широкого угла покрытия и, поэтому, возможно использовать меньшие значения э.и.и.м. земной станции, а это значит, что уровни внеосевого излучения будут меньше, чем в более низких полосах частот. Однако это может быть нейтрализовано тем, что замирания в дожде будут более глубокими.

3.1 Метод вычисления E

Как правило, помехи I , создаваемые передающей земной станцией работе космической станции, испытывающей действие помех, расположенной под углом φ° от предполагаемого направления передачи, вычисляются по формуле:

$$I = E - 25 \log \varphi - L_{FS} - L_{CA} - L_R + G_s, \quad (1)$$

где:

E : постоянная, которая должна быть определена для формулы предела, относящейся к эталонной ширине полосы

L_{FS} : потери в свободном пространстве на частоте передачи

L_{CA} : ослабление в условиях чистого неба

L_R : ослабление из-за дождя (в наихудшем случае $L_R = 0$ в условиях чистого неба)

G_s : коэффициент усиления антенны спутника, испытывающего помехи в направлении на мешающую земную станцию.

Можно определить, что одиночная помеха на линии вверх I должна быть равна коэффициенту теплового шума на линии вверх космической станции испытывающей действие помех. В этом случае:

$$I = 10 \log (k T B) - \Delta, \quad (2)$$

где:

Δ : отношение теплового шума к мощности помех

T : шумовая температура на входе спутникового приемника

B : рассматриваемая ширина полосы

k : постоянная Больцмана.

Тогда, в наихудшем случае, когда $L_R = 0$:

$$E - 25 \log \varphi = 10 \log k B + L_{FS} + L_{CA} - (G/T)_s - \Delta, \quad (3)$$

где $(G/T)_s$: коэффициент добротности спутника (дБ(К⁻¹)).

Если потери в свободном пространстве составляют 207 дБ (14 ГГц) и ослабление в условиях чистого неба равно 0,5 дБ, это выражение упрощается до:

$$E - 25 \log \varphi = -21,1 - (G/T)_s + B - \Delta. \quad (4)$$

Таким образом, для данных параметров φ , $(G/T)_s$, B и Δ , можно рассчитать параметр E , который определяет допустимую плотность э.и.и.м., создаваемую земной станцией под углом, который на φ° отклоняется от главной оси.

Однако, при выборе ограничений внеосевой э.и.и.м. для излучений, создаваемых передающими земными станциями в полосах частот 10–15 ГГц, необходимо учитывать и другие факторы. Одним из них является необходимость рассматривать на этих частотах запас на замирание в дожде в бюджете э.и.и.м. земных станций; другой фактор заключается в том, что ограничение величин плотности

внеосевой э.и.и.м. до определенных пределов может существенно повлиять на диаметр антенны земной станции. Пример того, как диаметр антенны изменяется с изменением E для трех различных запасов на замирание в дожде для линий вверх, показан в таблице 2а.

ТАБЛИЦА 2а

Требуемые диаметры антенн земных станций в предположении передачи телевизионных сигналов, необходимые для обеспечения нормативных значений плотности внеосевой э.и.и.м.

E (дБ(Вт/40 кГц))	Диаметр антенны (м)		
	Запас на замирание в дожде 0 дБ	Запас на замирание в дожде 3 дБ	Запас на замирание в дожде 6 дБ
33	12	17	24
36	8	12	17
39	6	8	12
42	4	6	8

Предположения, сделанные при формировании таблицы 2а:

- ТВ несущая, модулированная только рассеиванием энергии, с размахом 2 МГц;
- эталонная ширина полосы для $E = 40$ кГц;
- усиление в боковом лепестке земной станции, определяется выражением $29 - 25 \log \phi$ (дБи);
- эффективность антенны земной станции = 57–65%;
- рабочая частота 14 ГГц;
- значение C/T в условиях чистого неба, требуемое на входе спутника, = -127 дБВт(К⁻¹);
- G/T спутника = -3 дБ(К⁻¹).

Пример того, какое влияние на параметр E оказывает необходимость учета неблагоприятных условий распространения в регионе с высокой плотностью дождей (Бразилия) приведен в таблице 2b.

ТАБЛИЦА 2b

Пример увеличения плотности внеосевой э.и.и.м. для систем, разработанных для работы в таких условиях, где требуется противостоять глубоким замираниям сигнала

Несущая	E (дБ(Вт/40 кГц))			
	Модель для условий чистого неба		Модель для глубоких замираний	
	$A = 29$	$A = 32$	$A = 29$	$A = 32$
ЧМ-ТВ	34	37	47	50

При этом усиление в боковых лепестках антенны земной станции составляет $A - 25 \log \phi$ (дБи).

Предположения, сделанные при формировании таблицы 2b:

- ТВ-несущая, модулированная только рассеиванием энергии, с размахом 2 МГц;
- угол места земной станции 60°;
- готовность линии вверх лучше 99,9%;
- рабочая частота 14 ГГц.

3.2 Факторы, влияющие на величину E

Кроме запаса на замирания в дожде, учтенного при разработке "мешающей" линии вверх, существует множество переменных, которые влияют на значение E для спутниковых служб:

а) Тип "мешающей" несущей

Учитывая, что в транспондерах, усиливающих многочисленные несущие ЧМ, спектральная плотность мощности, а значит, и возможность помех, для несущих различной емкости изменяется незначительно, вероятно, следует ограничиться рассмотрением случаев, когда транспондеры передают следующие сигналы:

- множество несущих ЧРК-ЧМ;
- множество несущих ЧРК-ЧМ "высокой плотности";
- единственная несущая ЧРК-ЧМ;
- одна несущая ИКМ-ФМН-МДВР;
- множество несущих ОКН-ИКМ-ФМН;
- единственная несущая ЧМ-ТВ с рассеиванием энергии в полосе 2 МГц;
- множество несущих ОКН-ЧМ.

Спектральная плотность э.и.и.м., требуемая на линии вверх для каждой из этих несущих, будет в дальнейшем зависеть от того, предназначена ли она для приема на терминалах с большими или малыми антеннами.

б) Тип несущей "испытывающей помехи"

Следует рассмотреть случаи, аналогичные тем, что перечислены в пункте а) выше.

с) Нормы на помехи

В исследованиях, проведенных МСЭ-R, была рассмотрена возможность повышения допуска на помехи, целью которого является уменьшение расстояния между спутниками.

д) Расстояние между спутниками

В диапазоне частот 10–15 ГГц для спутников, имеющих совпадающие области покрытия, было внедрено расстояние 3° , но повышенный спрос на услуги сделал необходимым на определенных участках рассмотрение расстояния в 2° .

е) "Область покрытия спутника "испытывающего помехи"

Следует рассмотреть значения G/T спутника, соответствующие типичным региональным и национальным областям покрытия.

ф) Характеристика усиления в боковых лепестках "мешающей" земной станции

Когда будут введены в действие антенны земных станций улучшенной конструкции, внеосевые излучения уменьшаться.

г) Запас на замирания в дожде, учтенный при разработке линии "испытывающей помехи"

Если рассматривать все эти факторы, то потребуется учитывать тысячи различных комбинаций, а, следовательно, широкий диапазон значений E .

При составлении этого списка было сделано предположение, что будут подобраны такие величины диаметра антенны земной станции и мощности передатчика, которые требуются для того, чтобы одновременно соответствовать пределу "желаемой" э.и.и.м. на линии вверх и пределу внеосевой э.и.и.м. Могут существовать условия, когда это становится непрактичным, например, когда малые *транспортируемые* станции используются для создания временных линий вверх для передачи телевизионного сигнала из различных мест в пределах области покрытия спутника.

В таблице 3 показан пример взаимосвязи между параметром E и факторами, перечисленными в пп. с)–ф) включительно. Обе несущие – мешающая и испытывающая действие помех – частотно модулированы телевизионными сигналами, и предполагается, что они идентичны. Комбинации

значений размера антенны земной станции и мощности передатчика выбраны такими, которые обеспечивают требуемую э.и.и.м. полезной несущей, при этом точно соответствуя нормам на помехи для линии вверх.

Следует отметить, что в данном примере предполагается, что обе спутниковые системы являются идентичными. Более значительные изменения E и параметров земной станции могут наблюдаться в тех случаях, когда мешающая и испытываемая действие помех системы обладают различными значениями G/T .

ТАБЛИЦА 3

Оптимальные значения E и соответствующие параметры для помех ЧМ-ТВ сигналу ЧМ-ТВ

G/T спутника (дБ(K ⁻¹))		-3				-5			
Расстояние между спутниками (градусы)		2		3		2		3	
Нормы на помехи (% от теплового шума линии вверх)		20	50	20	50	20	50	20	50
Усиление земной станции в боковых лепестках 32 – 25 log φ	Диаметр антенны (м)	10,7	6,8	6,4	4,1	26,9	17,1	16,2	10,3
	Мощность передатчика (Вт)	139	342	382	951	3,5	8,6	9,6	23,9
Усиление земной станции в боковых лепестках 29 – 25 log φ	Диаметр антенны (м)	7,6	4,8	4,6	2,9 ⁽¹⁾	19,0	12,1	11,5	7,3
	Мощность передатчика (Вт)	287	685	764	1 903 ⁽¹⁾	7,0	17,2	19,2	47,8
Усиление земной станции в боковых лепестках 26 – 25 log φ	Диаметр антенны (м)	5,3	3,4	3,2 ⁽¹⁾	2,0 ⁽¹⁾	13,4	8,5	8,1	5,1
	Мощность передатчика (Вт)	557	1 385	1 517 ⁽¹⁾	3 794 ⁽¹⁾	14,0	34,8	38,1	95,3
Параметр E внеосевой э.и.и.м. (дБ(Вт/40 кГц))		28,4	32,4	32,8	36,8	20,4	24,4	24,8	28,8

⁽¹⁾ В этих случаях на практике, вероятно, могут быть выбраны большие размеры антенн и большие мощности передатчиков, и в таких условиях помехи будут оставаться в установленных пределах.

Предположения, сделанные при формировании таблицы :

- угол места "мешающих" и "испытываемых помехи" земных станций 15°;
- рабочая частота 14 ГГц;
- коэффициенты усиления спутниковых антенн одинаковы для "мешающей" и "испытываемой помехи" линий вверх;
- эффективность антенны станции = 65%;
- ослабление в дожде 3 дБ только на линии вверх, "испытываемой помехи";
- для линии вверх ТВ несущей "испытываемой действие помех" $C/T = -130$ дБВт(K⁻¹);
- сигнал, модулированный только рассеиванием энергии, размах девиации 2 МГц.

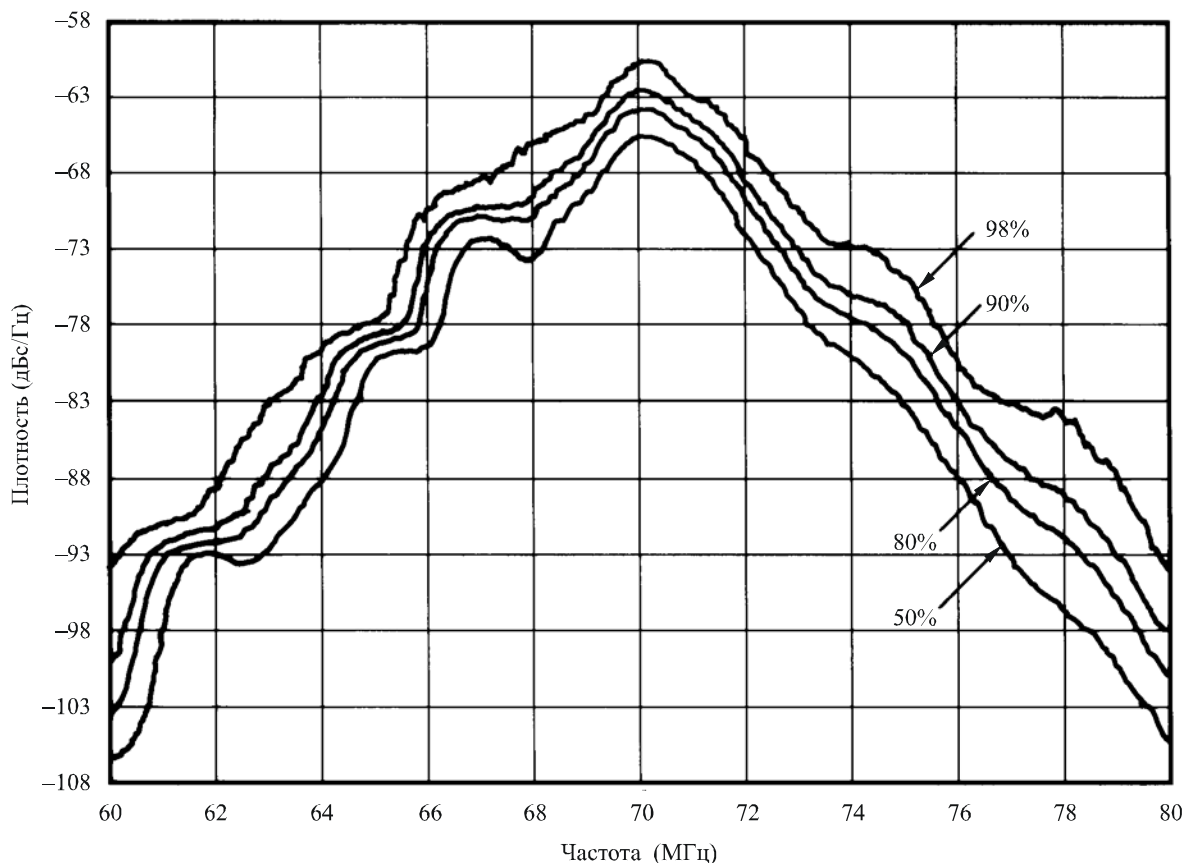
3.3 Спектральное распределение модулированной несущей ЧМ-ТВ

Для изучения влияния помех узкополосным несущим, создаваемых несущими ЧМ-ТВ, модулированными материалом телевизионной программы с рассеиванием энергии, были проведены измерения спектральных характеристик ТВ несущей стандарта NTSC шириной 20 МГц. На рисунке 1 показано распределение спектральной плотности ТВ несущей, модулированной "живым"

видеосигналом и рассеиванием энергии, создающие девиацию с размахом 1 МГц, не превышаемой в течение различных промежутков времени.

РИСУНОК 1

Спектральное распределение несущей ЧМ-ТВ шириной 20 МГц, модулированной "живым" видеосигналом NTSC, и рассеиванием энергии по полосе 1 МГц



4 Расчет пределов плотности внеосевой э.и.м. для полосы частот 29,5–30 ГГц (см. Примечание 1)

4.1 Доказательства в поддержку п. 4 раздела *рекомендует*

На момент написания данного текста, в документах МСЭ-R имеется два источника данных о несущих ГСО/ФСС, использующих или планирующих использовать полосы частот 29,5–30 ГГц; один – Рекомендация МСЭ-R S.1328, и другой – база данных, сформированная из ответов администраций на циркулярные письма CR/92 и CR/116 (см. Примечание 2), разосланные в 1998 г. и 1999 г. соответственно, в ходе подготовки к ВКР-2000 (далее эта база данных для удобства называется базой данных CR/116).

Для большинства несущих ГСО ФСС в Рекомендации МСЭ-R S.1328 содержится достаточно информации для того, чтобы рассчитать спектральную плотность внеосевой э.и.м., передаваемой земной станцией на линии вверх, для новых несущих, где нет данных, сделаны реалистичные предположения относительно диаграммы направленности излучения антенны земной станции (например, в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R S.580). В ней также достаточно данных для того, чтобы рассчитать, для каждой несущей, ухудшение $(C/N)_{\uparrow}$ в условиях чистого неба, которое может быть обусловлено работой земной станции, расположенной вблизи центра луча "полезного" спутника, но работающей на соседний спутник, плотность внеосевой э.и.м. которой равна пределам, указанным в п. 4 раздела *рекомендует* настоящей Рекомендации, принимая, при

необходимости, разумные предположения относительно теплового шума на линии вверх и внутренних помех. Для данной цели было сделано предположение о том, что шумовая температура теплового шума на линии вверх равна 800 К, и отношение несущей к внутренним помехам равно 20 дБ, везде, где в Рекомендации МСЭ-R S.1328 отсутствуют достаточные данные для одного из тех параметров, который должен быть найден.

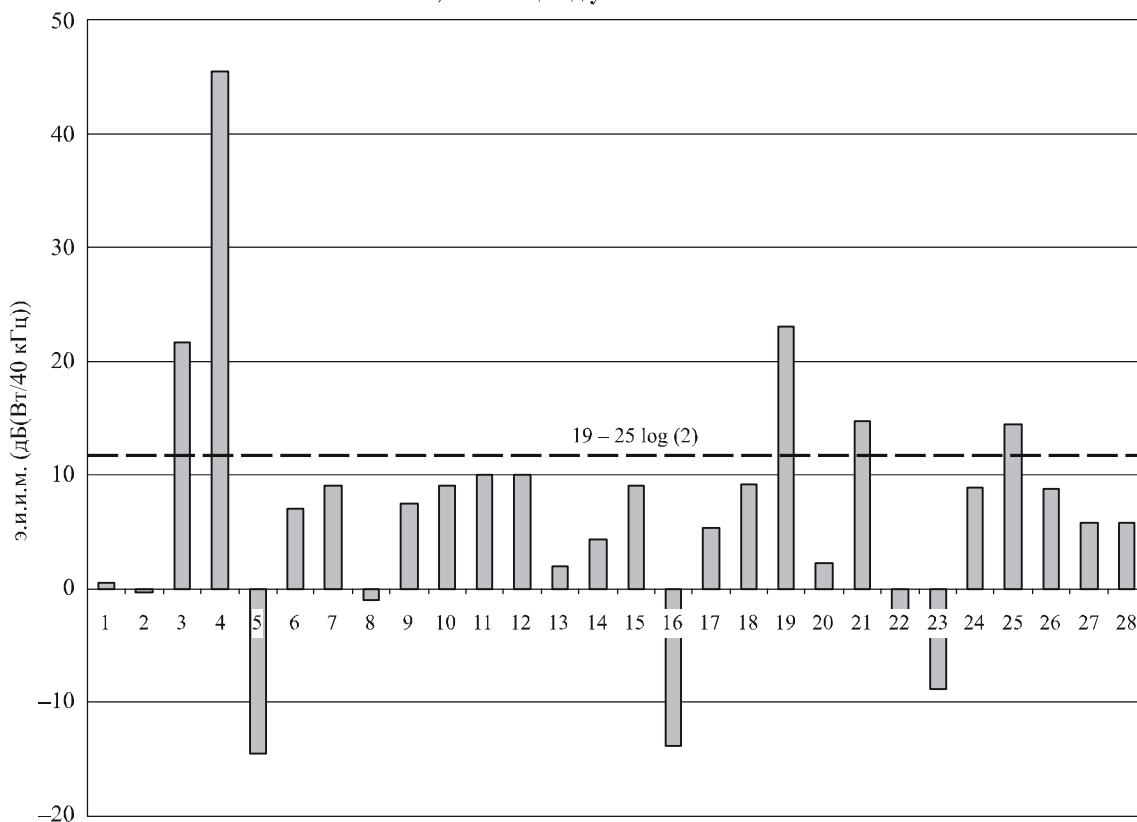
Информация в базе данных CR/116 обо всех линиях, разработанных для полосы частот 29,5–30 ГГц, полностью пригодна для расчета ухудшения на линии вверх. Однако, плотность внеосевой э.и.и.м. земной станции, которая будет излучаться передающей земной станцией, не может быть рассчитана ни для одной линии из CR/116, поскольку в эту базу данных не включены никакие другие параметры этой земной станции (например, пиковый коэффициент усиления антенны и огибающая боковых лепестков), кроме внеосевой э.и.и.м. и ошибки наведения.

Спектральная плотность э.и.и.м., которая будет излучаться передающей земной станцией для каждой из несущих, перечисленных в Рекомендации МСЭ-R S.1328, в полосе частот 29,5–30 ГГц, под углом, который на 2° отклоняется от главной оси, показана на рисунке 2. Ухудшение суммарного значения $(C/N)_{\uparrow}$ для каждой несущей из Рекомендации МСЭ-R S.1328, которое будет вызвано помехами от земной станции, находящейся вблизи центра луча полезного спутника и ведущей передачи на другой спутник, расположенный на ГСО на расстоянии от полезного спутника 2° и 3° соответственно, с уровнями, соответствующими пределам, указанным в п. 4 раздела *рекомендует*, показано на рисунке 3. Номера несущих, указанные в таблице 4, соответствуют следующим позициям Рекомендации МСЭ-R S.1328:

Внутри таблицы: "создаваемая несущими ... под углом, который на 2° отклоняется от..."

РИСУНОК 2

Плотность э.и.и.м., создаваемая сигналами из Рекомендации МСЭ-R S.1328
в полосе 29,5–30 ГГц под углом 2° от главной оси

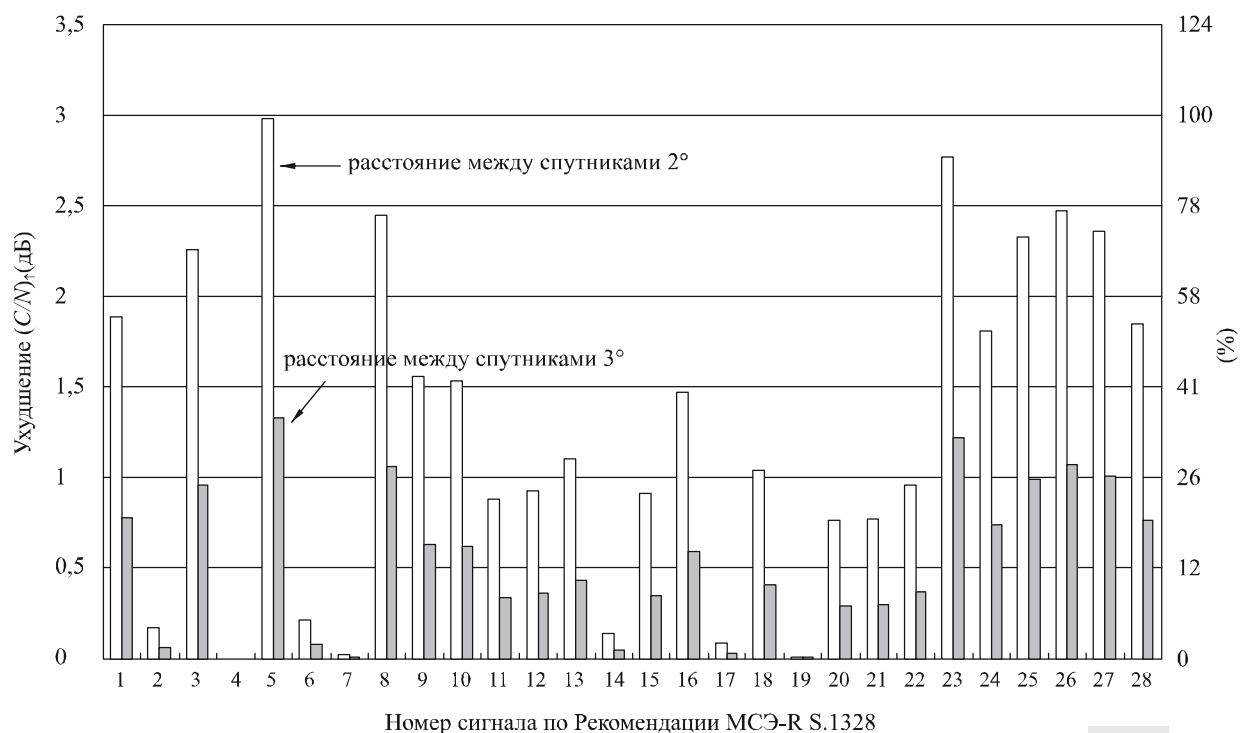


Номер сигнала по Рекомендации МСЭ-R S.1328

0524-02

РИСУНОК 3

Максимальное ухудшение величины $(C/N)_\uparrow$ для несущих в полосе частот 29,5–30 ГГц из Рекомендации МСЭ-R S.1328 создаваемое воздействием на предельный уровень внеосевой э.и.и.м. одной-единственной помехи



0524-03

ТАБЛИЦА 4

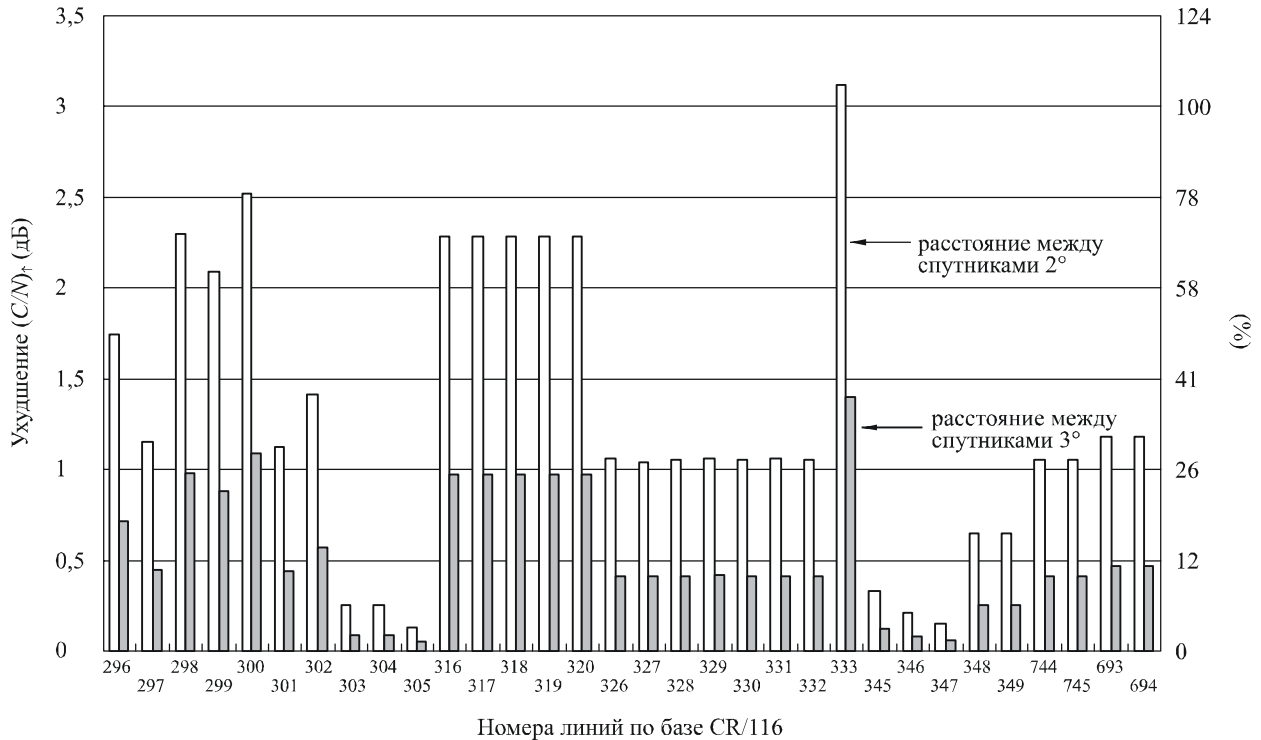
№ несущей ГСО	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Таблица в Рек. МСЭ-R S.1328	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4
Система из Рек. МСЭ-R S.1328	13 мин.	13 макс.	20	30	F	11	12	13	B	J
№ несущей ГСО	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Таблица в Рек. МСЭ-R S.1328	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Система из Рек. МСЭ-R S.1328	K	L	M	N	S	T	U	V	Bт	X (макс.)
№ несущей ГСО	21	22	23	24	25	26	27	28		
Таблица в Рек. МСЭ-R S.1328	4	5	5	5	6	6	6	6		
Система из Рек. МСЭ-R S.1328	X (мин.)	P Ka-1	P Ka-2	P Ka-3	Q Res. мин.	Q Res. макс.	Q Bus. мин.	Q Bus. макс.		

Ухудшение суммарного значения $(C/N)_\uparrow$ в условиях чистого неба для каждой линии из CR/116 в полосе частот 29,5–30 ГГц, которое может быть обусловлено помехами, создаваемыми земной станцией, находящейся вблизи центра луча полезного спутника и ведущей передачи на другой спутник, расположенный на ГСО на расстоянии 2° и 3° , соответственно, от полезного спутника, с

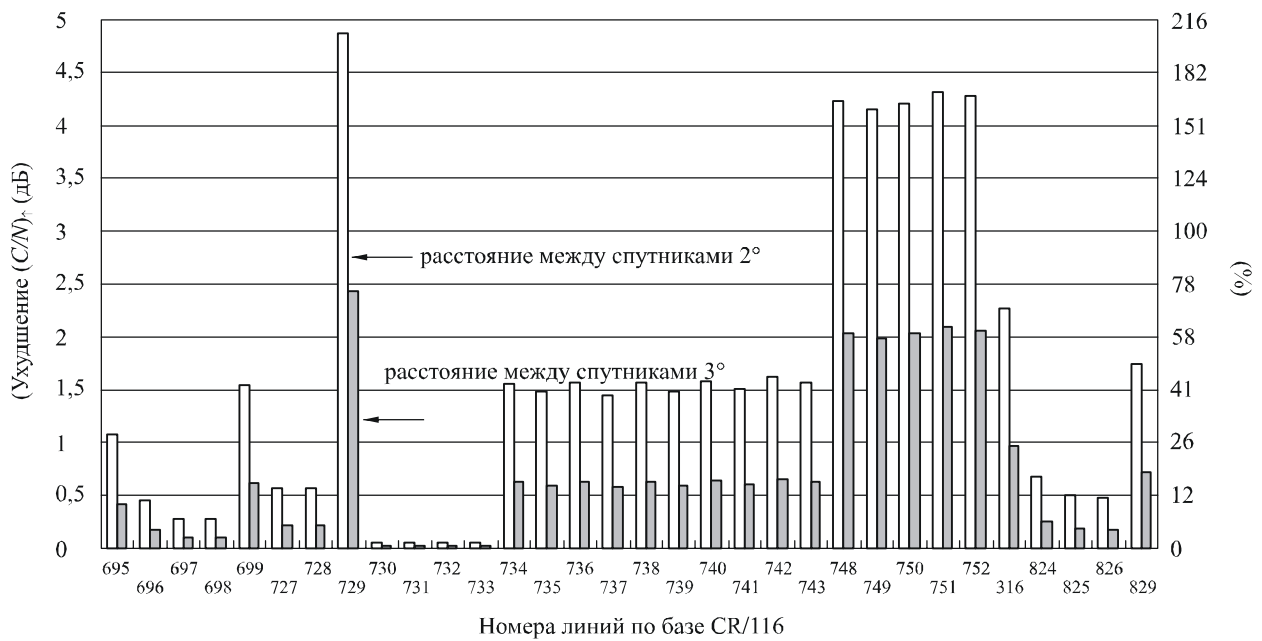
уровнями, соответствующими пределам, указанным в п. 4 раздела *рекомендует*, показано на рисунке 4. Показанные номера линий соответствуют номерам в базе данных.

РИСУНОК 4

Максимальное ухудшение величины $(C/N)_r$ линий полосы частот 29,5–30 ГГц из базы данных CR/116, создаваемое одиночными помехами с предельным уровнем внеосевой э.и.и.м.



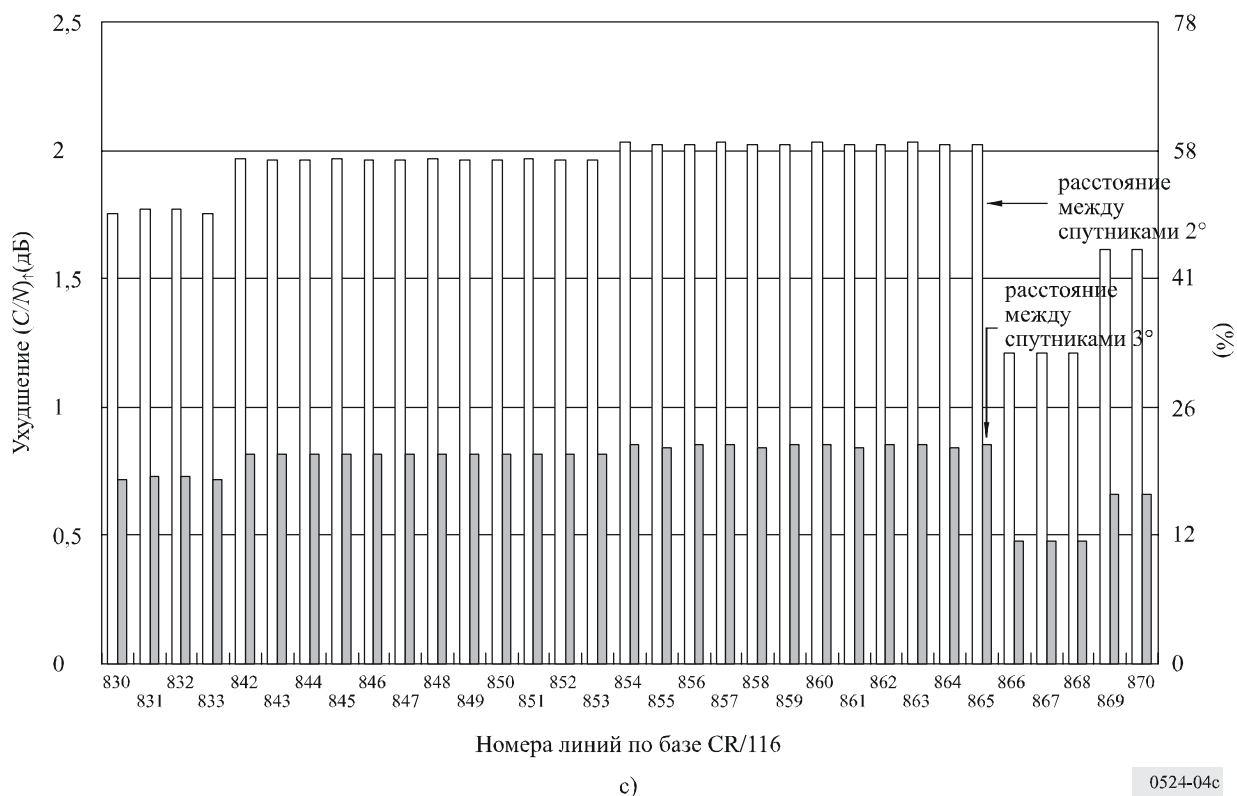
а)



б)

0524-04ab

РИСУНОК 4 (продолжение)



0524-04с

Для угла, который на 2° отклоняется от главной оси в п. 4 раздела *рекомендует* предписан предел плотности э.и.и.м. = 11,47 дБ(Вт/40 кГц). Из 28 несущих, показанных на рисунке 2, можно видеть, что этому пределу будет соответствовать 23 – т.е. 82%, и, поскольку для несущих в полосе частот 30 ГГц в Рекомендации МСЭ-R S.1328 приведены только эталонные диаграммы направленности антенн, которые определены в Рекомендации МСЭ-R S.465 или в Рекомендации МСЭ-R S.580, обе эти диаграммы соответствуют функции $25 \log(\varphi)$ для ближних боковых лепестков, это означает, что в полосе частот 29,5–30 ГГц большая часть существующих и планируемых земных станций ГСО, по всей вероятности, будет удовлетворять пределам, указанным в п. 4 раздела *рекомендует*. Следовательно, можно сделать вывод о том, что пределы, указанные в п. 4 раздела *рекомендует*, не накладывают неразумных ограничений для развития ФСС в этой полосе частот.

Из рисунка 3 можно видеть, что помеха с предельным значением, указанным в п. 4 раздела *рекомендует*, создаваемая земной станцией, ведущей передачи на спутник, расположенный на расстоянии 2° от полезного спутника, будет уменьшать значение $(C/N)_{\uparrow}$ менее, чем на 58,5% (т. е. 2 дБ) для 75% несущих. Аналогично, на рисунке 3 также показано, что для расстояния в 3° между спутниками ухудшение величины $(C/N)_{\uparrow}$ составит 36% (1,33 дБ) для наиболее чувствительных несущих из Рекомендации МСЭ-R S.1328, и будет менее 26,0% (1 дБ) для 82% несущих из Рекомендации МСЭ-R S.1328.

Из рисунка 4 можно сделать вывод о том, что помеха с предельным значением, указанным в п. 4 раздела *рекомендует*, создаваемая земной станцией, ведущей передачи на спутник, расположенный на расстоянии 2° от полезного спутника, будет уменьшать значение $(C/N)_{\uparrow}$ не более, чем на 58,5% или даже меньше для 84% из линий включенных в базу данных CR/116. Аналогично, на рисунке 4 показано, что для расстояния в 3° между спутниками ухудшение величины $(C/N)_{\uparrow}$ составит 75% (2,4 дБ) для наиболее чувствительных линий из базы данных CR/116, и будет ухудшать $(C/N)_{\uparrow}$ менее, чем на 26,0% (1 дБ) для 92% линий из базы данных CR/116.

Для того, чтобы расставить по своим местам данные из двух предшествующих параграфов, следует учитывать четыре фактора:

- что на большей части геостационарной орбиты расстояние между соседними спутниками, работающими на одной частоте и имеющие совпадающие зоны покрытия, составляет

минимум 3° , и даже на перегруженных участках орбиты это расстояние, обычно, не меньше 2° ;

- что уровни плотности внеосевой э.и.и.м. в области ближайшего бокового лепестка, создаваемые земными станциями, передающими большую часть несущих в полосе частот 29,5–30 ГГц, за исключением тех, которые подчиняются требованию 10% пиков боковых лепестков, упомянутых в примечании 15 (см. п. 4.2), будут намного меньше, чем пределы, указанные в п. 4 раздела *рекомендует*;
- что 6% от уровня шума, указанного в Рекомендациях, определяющих критерии долгосрочной защиты ФСС, например, в Рекомендациях МСЭ-R S.523, МСЭ-R S.735 и МСЭ-R S.1323, является пороговым уровнем, установленным Регламентом радиосвязи, определяющим необходимость координации;
- что, при необходимости, в ходе координации часто принимаются более высокие уровни помех.

Следовательно, считается, что вышеуказанные результаты ухудшения линии вверх являются доказательством того, что пределы плотности внеосевой э.и.и.м., указанные в п. 4 раздела *рекомендует*, обеспечивают приемлемую защиту линий вверх ФСС ГСО от помех со стороны других сетей ГСО ФСС, и позволяют повысить эффективность использования геостационарной орбиты.

Учитывая эти факторы, вышеприведенные результаты поддерживают вывод о том, что пределы, указанные в п. 4 раздела *рекомендует*, являются достаточно жесткими для того, чтобы допустить довольно близкое размещение спутников, при котором не требуется, чтобы отдельные системы работали с чрезвычайно высокими уровнями помех на линии вверх.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Процесс, описанный в настоящем разделе, был выполнен для получения доказательств в поддержку уровней, указанных в п. *рекомендует* 4, не использовался для вычисления этих уровней и не предлагается в качестве нового метода для возможного использования в последующих редакциях настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Циркулярные письма CR/92 и CR/116 содержали просьбы к администрациям представить сведения о своих линиях ГСО ФСС, на качество которых могли бы оказать заметное влияние помехи, создаваемые не-ГСО сетями ФСС.

4.2 Другие учитываемые факторы

4.2.1 Введение

В ходе определения приемлемого уровня внеосевых излучений, очень важно учесть два фактора. Первый - максимально допустимые уровни плотности внеосевой э.и.и.м. не должны ограничивать продолжение эксплуатации существующих систем ГСО/ФСС и разработку будущих систем ГСО/ФСС. Второй – значения плотности внеосевой э.и.и.м. должны содержать соответствующие запасы для введения поправки на тот факт, что стандартный подход, принятый в МСЭ-R, допускает, что 10% боковых лепестков диаграммы направленности антенны превышают значения номинальной огибающей.

П. 4 раздела *рекомендует* и связанные с ним сноски учитывают оба этих требования. В настоящем Приложении содержится базовая информация о факторах, которые учитывались в ходе исследований МСЭ-R по этой тематике, приводятся максимально допустимые уровни плотности внеосевой э.и.и.м., необходимые для работы некоторых существующих сетей ГСО/ФСС в полосе частот 30/20 ГГц, упомянутых в настоящей Рекомендации, и необходимость учета защиты этих существующих систем.

4.2.2 Существующие и будущие системы ГСО/ФСС

В настоящее время эксплуатируется несколько систем в полосах частот 29,5–30,0/19,7–20,2 ГГц, и их число увеличивается. Будет предоставляться множество типов услуг, которые будут удовлетворять многие типы ожидаемого рыночного спроса. Следовательно, при рассмотрении приемлемых уровней плотности внеосевой э.и.и.м., необходимо учитывать не только существующие системы, но также и будущие системы, так, чтобы не ограничить разнообразие услуг, которые могут предоставляться с использованием спутниковых систем.

В таблице 5 показано четыре примера систем. Типы 1 и 2 существуют в настоящее время; два других типа планируется развернуть. Все четыре типа эксплуатируются или будут эксплуатироваться в Японии в полосах частот 29,5–30,0/19,7–20,2 ГГц.

ТАБЛИЦА 5
Параметры существующих и будущих систем ГСО/ФСС

Система	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4
Тип услуги	КТСОП/ ЦСИС	Высоко- скоростная передача данных	SNG	ЦСИС
Готовность (%)	99,8/99,6	99,6	99,6	99,6
Требуемое значение C/N (дБ)	11,5	9,0	8,0	12,8
Требуемая ширина полосы (кГц)	25 024	100 000	21 000	8 800
Диаметр передающей антенны (м)	4,2	2,4	1,2	3,0
Мощность на входе фидера (Вт)	150	150	15	15
Плотность мощности на входе фидера (дБ(Вт/40 кГц))	-6,2	-12,2	-15,4	-11,7
Максимальная плотность мощности на входе фидера в условиях дождя (дБ(Вт/40 кГц))	-6,2	-12,2	-5,4	-1,7
Максимальные значения плотности э.и.и.м. в условиях чистого неба ⁽¹⁾ (дБ(Вт/40 кГц); $1^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ$)	$23 - 25 \log \varphi$	$17 - 25 \log \varphi$	$14 - 25 \log \varphi$	$18 - 25 \log \varphi$
Диаметр приемной антенны (м)	11,5/4,2	2,4	4,2	3,0
Суммарное значение $C/N + I$ (дБ)	22,1/19,9	13,3	11,0	17,9

⁽¹⁾ Значения вычислены с использованием формулы для огибающей боковых лепестков диаграммы направленности $29 - 25 \log \varphi$.

SNG: спутниковый сбор новостей.

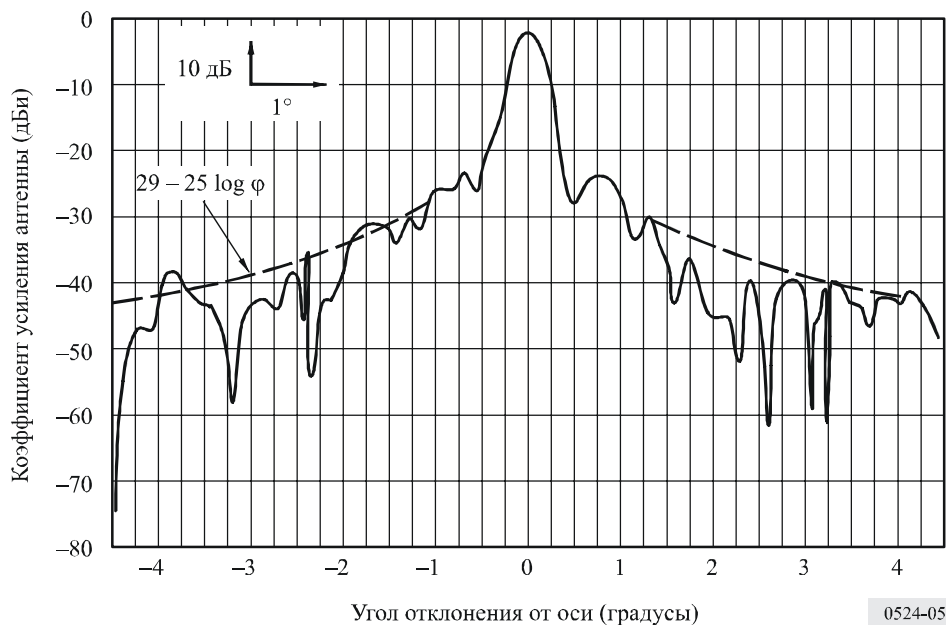
4.2.3 Запас на превышение усиления в боковых лепестках относительно диаграммы направленности боковых лепестков

Для расчета значений плотности внеосевой э.и.и.м., показанных в таблице 5, была использована формула диаграммы направленности боковых лепестков антенны $29 - 25 \log \varphi$. Однако эта диаграмма направленности боковых лепестков является проектным параметром, указанным в Рекомендации МСЭ-R S.580, которая определяет, что усиление в 90% пиков боковых лепестков не должно превышать огибающей боковых лепестков в любом направлении в пределах участка 3° геостационарной спутниковой орбиты. Таким образом, 10% пиков боковых лепестков могут превышать значения огибающей боковых лепестков даже, если антенны земной станции соответствуют данной Рекомендации. Следовательно, при оценке реальных значений плотности внеосевой э.и.и.м., необходимо учитывать некоторый запас на превышение. Пример диаграммы направленности измеренных излучений в плоскости восток/запад для антенны диаметром 2,4 м, используемой для полосы частот 30/20 ГГц, показан на рисунке 5. Максимальное превышение значений огибающей боковых лепестков, соответствующих Рекомендации МСЭ-R S.580, составило

примерно 4 дБ. Это значит, что для этой антенны при оценке значений плотности внеосевой э.и.и.м., необходим запас, как минимум, 4 дБ.

РИСУНОК 5

Пример измеренной диаграммы направленности



Если этот запас в 4 дБ используется вместе с регулировкой мощности на линии вверх, имеющей для всех условий диапазон регулировки 10 дБ, то максимально допустимые уровни плотности внеосевой э.и.и.м., которые не ограничивают работу систем ГСО/ФСС, упомянутых в предыдущем разделе, будут следующими:

32 – 25 log (φ)	дБ(Вт/40 кГц)	для $2,0^\circ \leq \varphi \leq 7,0^\circ$
11	дБ(Вт/40 кГц)	для $7,0^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$
35 – 25 log (φ)	дБ(Вт/40 кГц)	для $9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$
-7	дБ(Вт/40 кГц)	для $\varphi > 48^\circ$.

В условиях чистого неба, максимально допустимые уровни плотности внеосевой э.и.и.м., которые не ограничивают работу систем ГСО/ФСС, упомянутых в предыдущем разделе, будут следующими:

27 – 25 log (φ)	дБ(Вт/40 кГц)	для $2,0^\circ \leq \varphi \leq 7,0^\circ$
16	дБ(Вт/40 кГц)	для $7,0^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$
30 – 25 log (φ)	дБ(Вт/40 кГц)	для $9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$
-12	дБ(Вт/40 кГц)	для $\varphi > 48^\circ$.

Однако требуются дополнительные исследования для выбора соответствующего запаса на превышение, поскольку требуется учесть различные типы антенн.

4.2.4 Вывод

В настоящем Приложении показаны параметры нескольких систем ГСО/ФСС, приведен пример измеренной диаграммы направленности антенны и максимально допустимые уровни плотности внеосевой э.и.и.м., которые не ограничивают работу этих систем ГСО/ФСС.

Максимально допустимые уровни плотности внеосевой э.и.и.м. должны выбираться так, чтобы они не ограничивали набор услуг, предоставляемых существующими и будущими спутниковыми системами. Более того, значения плотности внеосевой э.и.и.м. должны учитывать соответствующий запас на превышение усиления в боковых лепестках реальных антенн относительно значений

боковых лепестков, соответствующих проектным параметрам, указанным в Рекомендации МСЭ-R S.580.

Следовательно, при определении допустимых уровней плотности внеосевой э.и.и.м., создаваемой земными станциями GSO/ФСС, работающими в полосе частот 29,5–30,0 ГГц, в любом направлении в пределах участка 3° геостационарной спутниковой орбиты, эти параметры систем ГСО/ФСС и огибающая боковых лепестков должны рассматриваться как минимальные приемлемые условия. Это указано в Примечании 7 настоящей Рекомендации.

Там, где новые сети должны удовлетворять более строгим пределам, необходимо обеспечить, чтобы более строгие пределы не применялись к существующим сетям. Это указано в Примечаниях 8 и 9 настоящей Рекомендации.

Приложение 2

1 Введение

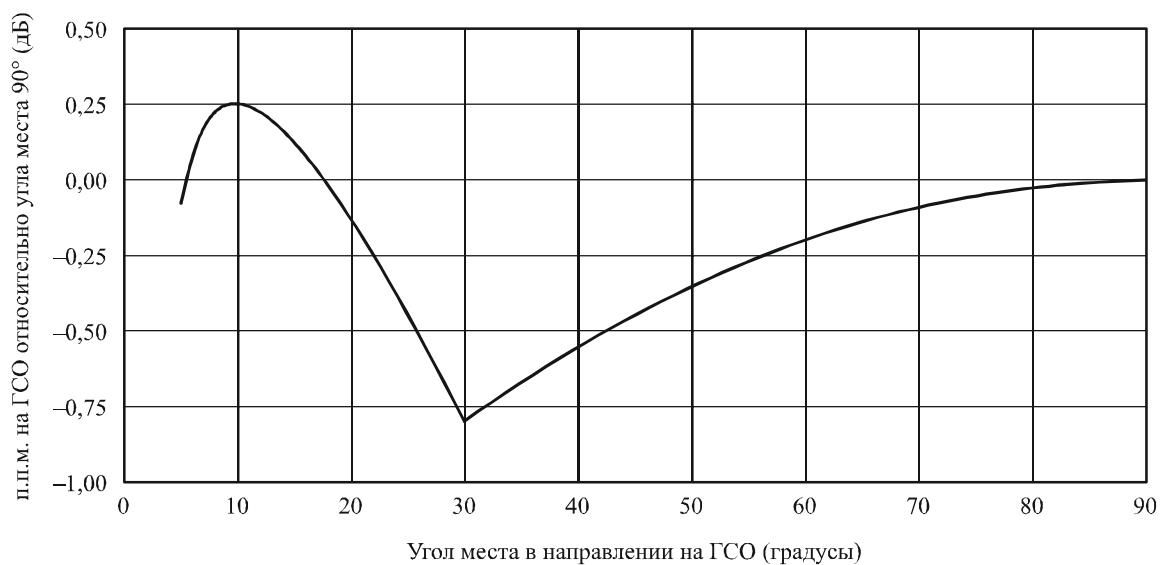
При использовании формулы, приведенной в Примечании 10, для того, чтобы определить для терминалов с малым углом места, степень превышения максимального уровня внеосевой э.и.и.м., создаваемой в полосе частот 27,5–30,0 ГГц (см. Примечание 1), диапазон между максимальной и минимальной п.п.м., принимаемыми на ГСО (из любой точки земной поверхности, где угол места в направлении на ГСО более 5°), не будет превышать примерно 1 дБ. Учитывая предлагаемую модель пределов внеосевой э.и.и.м. для передающих терминалов земных станций, имеющих углы места 30° или менее, изменение п.п.м. на ГСО, для рассматриваемого диапазона атмосферных параметров, будет меньше, чем изменение только потерь в свободном пространстве (1,32 дБ), проявляющееся по всему диапазону углов места.

В полосах частот 6 ГГц или 14 ГГц, пределы внеосевой э.и.и.м., указанные в пп. 1–3 раздела *рекомендует*, не зависят от угла места. Поглощение в атмосфере даже в этих полосах частот достаточно мало по сравнению с изменением п.п.м. только из-за потерь в свободном пространстве. Используя модель, предложенную в Примечании 10, изменение п.п.м., принимаемой на ГСО будет меньше, чем изменение п.п.м. только из-за потерь в свободном пространстве. Таким образом, тот факт, что земным станциям в полосе 30 ГГц с малыми углами места будет разрешено вести передачу с дополнительно предлагаемыми значениями внеосевой э.и.и.м., во всем диапазоне исследованных типов атмосферы, будет вносить минимальный риск в процесс координации линий вверх, работающих на спутниковые сети ГСО. В атмосферных условиях, где плотность водяных паров (δ) больше, чем примерно $7,5 \text{ г/м}^3$, пиковое значение п.п.м. на ГСО, создаваемое терминалами земных станций с малыми углами места и реализующими предложенный механизм компенсации мощности на линии вверх, будет меньше, чем на углах более 30°, где компенсация мощности на линии вверх не применяется.

На рисунках 6, 7 и 8 показаны, с использованием Рекомендации МСЭ-R P.676, относительные уровни п.п.м., принимаемые на ГСО, как функция от угла места. Для всех трех рассмотренных случаев, предполагалось, что высотная отметка = 0 м (над уровнем моря) и атмосферное давление составляет 1013 гектопаскаля.

РИСУНОК 6

Изменение п.п.м., принимаемой на ГСО, рассчитанной для 29,75 ГГц

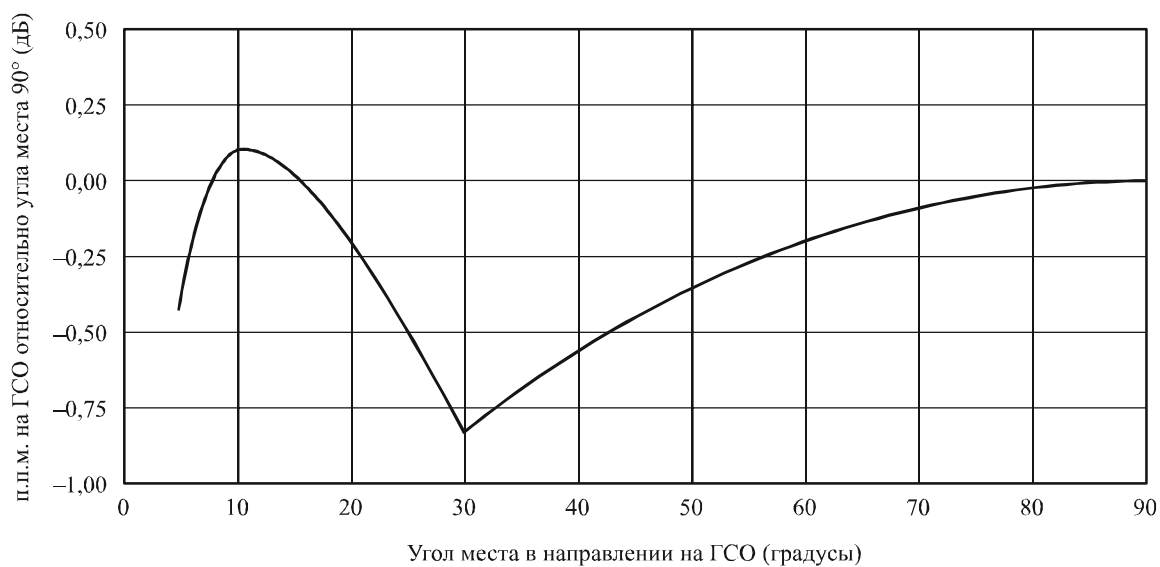
Плотность водяных паров = 2,5 г/м³

Температура поверхности = 10° С

0524-06

РИСУНОК 7

Изменение п.п.м., принимаемой на ГСО, рассчитанной для 29,75 ГГц

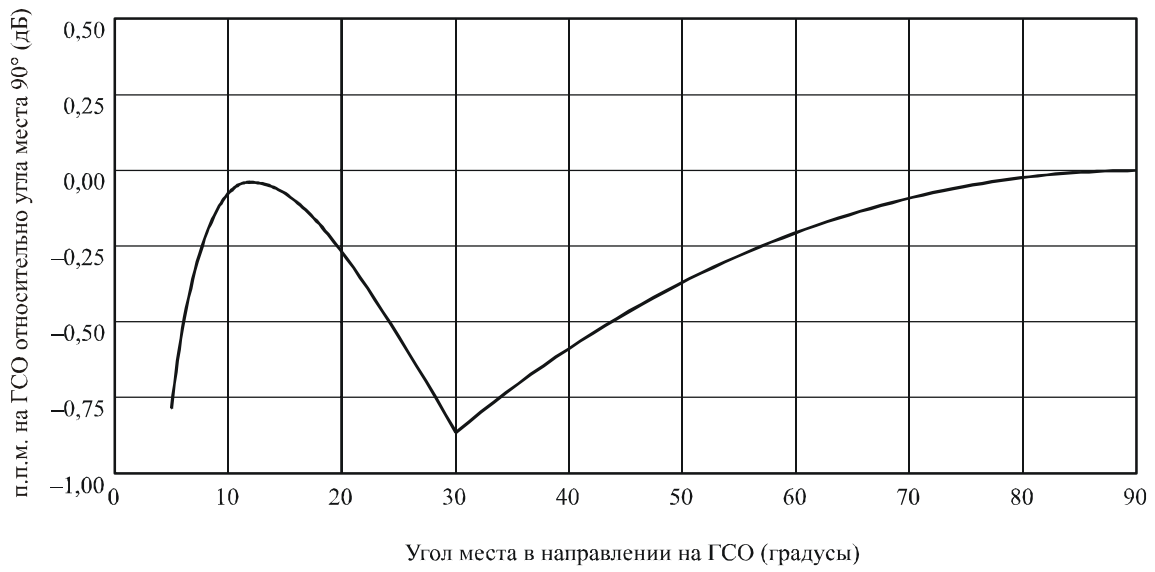
Плотность водяных паров = 5,0 г/м³

Температура поверхности = 15° С

0524-07

РИСУНОК 8

Изменение п.п.м., принимаемой на ГСО, рассчитанной для 29,75 ГГц



Плотность водяных паров = $7,5 \text{ г/м}^3$
Температура поверхности = 20°C

0524-08