Международный союз электросвязи

# МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

## Рекомендация МСЭ-R P.372-10

(10/2009)

# Радиошум

Серия P

Распространение радиоволн

Международный союз электросвязи

## Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

## Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

### Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайновой форме по адресу: http://www.itu.int/publications/R-REC/en.)

| Серия | Название |
|---|---|
| **BO** | Спутниковое радиовещание |
| **BR** | Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения |
| **BS** | Радиовещательная служба (звуковая) |
| **BT** | Радиовещательная служба (телевизионная) |
| **F** | Фиксированная служба |
| **M** | Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы |
| **P** | **Распространение радиоволн** |
| **RA** | Радиоастрономия |
| **RS** | Системы дистанционного зондирования |
| **S** | Фиксированная спутниковая служба |
| **SA** | Космические применения и метеорология |
| **SF** | Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы |
| **SM** | Управление использованием спектра |
| **SNG** | Спутниковый сбор новостей |
| **TF** | Передача сигналов времени и эталонных частот |
| **V** | Словарь и связанные с ним вопросы |

***Примечание***. – *Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.*

*Электронная публикация*
Женева, 2010 г.

© ITU 2010

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

# РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R P.372-10

## Радиошум*

(Вопрос МСЭ-R 214/3)

(1951-1953-1956-1959-1963-1974-1978-1982-1986-1990-1994-2001-2003-2007-2009)

**Сфера применения**

В Рекомендации МСЭ-R P.372 дается информация о базовых уровнях радиочастотного шума в диапазоне частот 0,1 Гц – 100 ГГц. В ней принимается во внимание шум, обусловленный грозовыми разрядами, промышленными источниками, галактическим шумом и температурой в нижних слоях атмосферы. Чтобы обеспечить основу для оценки работы систем, приводятся цифровые данные, касающиеся шума, или температуры.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

a) что радиошум ограничивает работоспособность радиосистем;

b) что эффективный коэффициент шума антенны, или температура шума антенны, вместе с вероятностным распределением амплитуд огибающей принимаемого шума, являются параметрами (почти всегда необходимыми, но иногда недостаточными), пригодными для использования при определении рабочих характеристик и планирования системы;

c) что, как правило, нельзя использовать приемные системы, коэффициент шума которых ниже значения, определяемого минимальным уровнем внешнего шума;

d) что требуется представление о радиоизлучении от естественных источников при

– оценке влияния атмосферы на распространение радиоволн;

– распределении частот для систем дистанционного зондирования окружающей среды Земли,

*рекомендует,*

чтобы при планировании и анализе радиосистем там, где это необходимо, использовалась следующая информация:

### 1 Источники радиошума

Радиошум определяется в Рекомендации МСЭ-R V.573 следующим образом:

"**радио** (частотный) **шум**;

Изменяющееся во времени электромагнитное явление, имеющее составляющие в радиочастотном диапазоне и явно не передающее информацию, которое может налагаться на полезный сигнал или смешиваться с ним.

*Примечание 1.* – В некоторых случаях радиочастотный шум может передавать информацию о некоторых характеристиках своего источника, например о его природе или месте расположения.

---

* Компьютерная программа, связанная с характеристиками и приложениями для расчета атмосферного радиошума обусловленных грозовыми разрядами, промышленным шумом и галактическим шумом (на частотах ниже примерно 100 МГц), которая описана в настоящей Рекомендации, представлена в той части веб-сайта МСЭ-R, которая относится к 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи.

*Примечание 2*. – Совокупность мешающих сигналов, если они отдельно неразличимы, может проявляться как радиочастотный шум."

В Рекомендации МСЭ-R P.372 приводятся данные по радиошуму, внешнему по отношению к принимающей радиосистеме, который возникает вследствие следующих причин:

– излучение от грозовых разрядов (атмосферный шум, вызванный грозой);

– совокупное непреднамеренное излучение от электрических механизмов, электрического и электронного оборудования, линий электропередачи или систем зажигания двигателей внутреннего сгорания (промышленный шум);

– эмиссия от атмосферных газов и гидрометеоров;

– присутствие земной поверхности или других препятствий на пути луча антенны;

– излучение от небесных источников радиоволн.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Приводимые здесь оценки уровней радиошума касаются базового уровня шума при отсутствии других сигналов, излучаемых как преднамеренно, так и непреднамеренно, так что шум или сигналы, обусловленные непреднамеренными передачами на совмещенных каналах или паразитными излучениями от отдельных передающих или принимающих систем, в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В случае промышленного шума, представленные данные должны быть типичными для определенной категории среды, при типичных уровнях работы электрического и электронного оборудования в обычных условиях, на типичных расстояниях для этой среды.

## 2 Показатели для определения интенсивности шума и их взаимосвязь

Коэффициент шума, $f$, приемной системы складывается из отдельных составляющих, вносимых рядом источников шума на приемном терминале системы. Рассматривать следует как внутренний, так и внешний шум. Единственной правильной контрольной точкой для оценки общего рабочего коэффициента шума приемной радиосистемы является вход эквивалентной свободной от потерь приемной антенны (терминалы такой свободной от потерь антенны физически не существуют). Для приемников, нечувствительных к паразитным шумам, коэффициент шума системы определяется как:

$$f = f_a + (f_c - 1) + l_c\,(f_t - 1) + l_c\,l_t\,(f_r - 1), \qquad (1)$$

где:

$f_a$ : коэффициент внешнего шума, определяемый по формуле:

$$f_a = \frac{p_n}{k\,t_0\,b}. \qquad (2)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – $F_a$ – коэффициент внешнего шума, определяемый как:

$$F_a = 10 \log f_a \quad \text{дБ}$$

$p_n$ : допустимая мощность шума с выхода эквивалентной антенны без потерь

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

$t_0$ : эталонная температура (К), принятая равной 290 К

$b$ : ширина полосы приемной системы на уровне мощности шума (Гц)

$l_c$ : потери в цепи антенны (входная номинальная мощность/выходная номинальная мощность

$l_t$ : потери в линии передачи (входная номинальная мощность/выходная номинальная мощность

$f_r$ : коэффициент шума приемника.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – $F_r$ – коэффициент шума приемника, определяемый как:

$$F_r = 10 \log f_r \quad \text{дБ}$$

$f_c$ – коэффициент шума, связанный с потерями в цепи антенны,

$$f_c = 1 + (l_c - 1)\left(\frac{t_c}{t_0}\right) \tag{3}$$

$f_t$ – коэффициент шума, связанный с потерями в линии передачи,

$$f_t = 1 + (l_t - 1)\left(\frac{t_t}{t_0}\right), \tag{4}$$

где:

$t_c$: реальная температура (К) антенны и около поверхности Земли

и

$t_t$: реальная температура (К) линии передачи.

Если $t_c = t_t = t_0$, то уравнение (1) принимает вид

$$f = f_a - 1 + f_c\, f_t\, f_r. \tag{5}$$

Уравнение (2) можно записать как:

$$P_n = F_a + B - 204 \qquad \text{дБВт}, \tag{6}$$

где:

$P_n =$ 10 log $p_n$ : номинальная мощность (Вт)

$B =$ 10 log $b$ и –204 = 10 log $k\, t_0$.

Для коротких вертикальных несимметричных вибраторов ($h \ll \lambda$) над идеально плоской землей вертикальная составляющая среднеквадратичного значения напряженности поля определяется как:

$$E_n = F_a + 20 \log f_{\text{МГц}} + B - 95{,}5 \qquad \text{дБ(мкВ/м)}, \tag{7}$$

где:

$E_n$ : напряженность поля в ширине полосы $b$, и

$f_{\text{МГц}}$ : средняя частота (МГц).

Аналогично для полуволнового диполя в свободном пространстве:

$$E_n = F_a + 20 \log f_{\text{МГц}} + B - 98{,}9 \qquad \text{дБ(мкВ/м)}. \tag{8}$$

Коэффициент внешнего шума также обычно определяется как температура, $t_a$, где $f_a$ по определению равно:

$$f_a = \frac{t_a}{t_0}, \tag{9}$$

$t_a$ – эффективная температура антенны, обусловленная внешним шумом.

Определив $F_a$, можно найти соответствующие значения $E_n$, используя либо уравнение (7), либо уравнение (8), в зависимости от типа применяемой антенны.

Мощность шума, о которой говорилось выше, хотя и необходима, например для определения отношения сигнал/шум, редко является достаточной для определения рабочих характеристик системы (белый гауссовский базовый шум – это единственное исключение). Здесь нужны соответствующие вероятностные описания формы волны принимаемого случайного шума. Поскольку для шумов, которые рассматриваются в настоящей Рекомендации, фаза принимаемой огибающей обычно распределена равномерно, вероятностное распределение амплитуд (ВРА) (вероятность превышения) принимаемой огибающей задается. Для импульсных шумов на более высоких частотах (т. е. > примерно 1 ГГц), значения $F_a$ достаточно низки, и только импульсы

большей величины могут превысить пороговое значение шума на входе приемника. В этом случае вероятностные характеристики могут иметь вид пикового значения для данного периода времени, вероятности превышения на этих более высоких уровнях, количества импульсов для заданного уровня и т. д.

## 3 Уровни шума как функции от частоты

Приводимые ниже три рисунка и соответствующие пояснения к ним позволяют определить ожидаемые значения $F_a$ в частотном диапазоне 0,1 Гц – 100 ГГц, а также другие уровни шумов, представляющие интерес. На этих трех рисунках показана относительная величина шумов различного типа, описанных в пункте 1. Дополнительные сведения для различных типов шумов приводятся в других разделах настоящей Рекомендации.

Рисунок 1 охватывает частоты от 0,1 Гц до 10 кГц. Сплошная кривая – это минимальные ожидаемые часовые медианные значения $F_a$, полученные с помощью измерений (учитывающие поверхность Земли в целом, все времена года и время суток), а пунктирная линия – максимальные ожидаемые значения. Заметим, что в указанном частотном диапазоне сезонные, суточные или географические изменения очень незначительны. Более сильная изменчивость наблюдается в диапазоне 100–10 000 Гц из-за изменения частоты среза волновода Земля-ионосфера.

РИСУНОК 1

**Минимальные и максимальные значения $F_a$ в виде функции от частоты (0,1–$10^4$ Гц)**

A: микропульсации
B: минимальное ожидаемое значение атмосферных помех
C: максимальное ожидаемое значение атмосферных помех

0372-01

Рисунок 2 охватывает частотный диапазон $10^4$–$10^8$ Гц, т. е. от 10 кГц до 100 МГц, для шума различных категорий. Минимальный ожидаемый шум показан сплошной линией. За минимальные ожидаемые значения атмосферных помех принимаются значения, превышаемые в течение 99,5% времени, а за максимальные – значения, превышаемые в течение 9,5% времени. В кривых атмосферных помех учтено влияние времени суток, времени года и земной поверхности в целом.

РИСУНОК 2

**$F_a$ в зависимости от частоты ($10^4$–$10^8$ Гц)**

Рисунок 3 охватывает частотный диапазон от $10^8$ до $10^{11}$ Гц, т. е. от 100 МГц до 100 ГГц. Опять-таки, минимальный уровень шума представлен сплошной кривой, а другие представляющие интерес уровни шума – пунктирной линией.

Большинство результатов, представленных на этих трех рисунках, относятся к ненаправленным антеннам (за исключением случаев, отмеченных на рисунках). Что касается направленных антенн, то исследования показали, что, например, на ВЧ в случае антенн с очень узкой диаграммой направленности уровень атмосферных помех, обусловленных грозовыми разрядами, может колебаться в пределах 10 дБ (5 дБ выше и 5 дБ ниже показанного среднего значения $F_a$) в зависимости от направления ориентации антенны, частоты и географического местоположения.

Среднее значение галактического шума (усредненное по всему небосводу) представлено сплошной кривой с соответствующей пометкой (рис. 2 и 3). Измерения показывают, что колебания относительно этой кривой составляют ±2 дБ, причем ионосферное экранирование не учитывается. Минимальное значение галактического шума (узконаправленная антенна, ориентированная на галактический полюс) на 3 дБ меньше значения, представленного на рис. 3 сплошной кривой. Максимальный галактический шум для узконаправленной антенны показан на рис. 3 пунктирной линией.

## 4 Шум от атмосферных газов и земной поверхности

Шум от отдельных источников, таких как Солнце, атмосферные газы, земная поверхность и т. д., обычно выражается через яркостную температуру, $t_b$. Температура антенны, $t_a$, является сверткой диаграммы направленности антенны и яркостной температуры неба и земной поверхности. Для антенн, диаграмма направленности которых охватывает только один источник, температура антенны и яркостная температура совпадают (например, кривые C, D и E на рис. 3).

РИСУНОК 3

**$F_a$ в зависимости от частоты ($10^8$–$10^{11}$ Гц)**

A: оценка медианного значения промышленного шума в деловой зоне
B: галактический шум
C: галактический шум (антенна, ориентированная к центру галактики, с бесконечно узким лучом)
D: спокойное Солнце (ширина луча ½° в направлении на Солнце)
E: шум неба за счет кислорода и паров воды (антенна с очень узким лучом); верхняя кривая, угол места – 0°; нижняя кривая, угол места – 90°
F: черное тело (космический фон), 2,7 K
минимальный ожидаемый уровень шума

0372-03

На рисунках 4 и 5 показана яркостная температура атмосферы для расположенного на поверхности Земли приемника, без учета вклада от космического шума порядка 2,7 K или других внеземных источников, для частот от 1 до 340 ГГц в первом случае и от 1 до 60 ГГц – во втором. Кривые рассчитаны для семи различных углов места и средней атмосферы (плотность паров воды у поверхности 7,5 г, температура у поверхности – 288 K и приведенная высота для паров воды – 2 км.) с помощью программы расчета распространения излучения. Сухая атмосфера описывается Стандартной атмосферой США 1976 года. Выше тропопаузы добавляется вклад за счет паров воды в виде его типичного значения.

РИСУНОК 4

**Яркостная температура (ясное небо) при концентрации паров воды 7,5 г/м³**
**(температура и давление у поверхности равны 15° C и 1023 мб); θ – угол места**

РИСУНОК 5

**Яркостная температура при ясном небе и концентрации паров воды 7,5 г/м$^3$ (увеличенный масштаб по оси абсцисс рис. 4); θ – угол места**

При связи Земля-космос, если ослабление сигнала, передаваемого с расположенного на борту космического аппарата передатчика, известно, то приемлемую оценку яркостной температуры на частотах от 2 до 30 ГГц в этом направлении передачи можно получить с помощью следующей формулы:

$$t_b = t_e (1 - e^{-d}) + 2{,}7 \qquad \text{K}, \tag{10}$$

где:

$d$ : оптическая глубина = ослабление (дБ/4,343)

$t_e$ : эффективная температура, обычно принимаемая равной примерно 275 K.

Приведенное выше соотношение обеспечивает точность порядка 0,1 дБ ниже 30 ГГц. Выше этой частоты появляется составляющая ослабления, обусловленная рассеянием, и оценка яркостной температуры будет завышенной. Приведенное выше соотношение можно использовать с учетом ослабления в дожде.

В Соединенных Штатах Америки было проведено исследование распространения излучения, включая влияние облаков. С помощью компьютера по метеорологическим данным для типичного года, выбранного из базы данных, включающей информацию за 15 лет для каждого из 15 мест, была рассчитана яркостная температура в зените. Результаты для двух мест в США, городов Юма, штат Аризона (годовой уровень осадков 5,5 см), и Нью-Йорка (годовой уровень осадков 98,5 см), для пяти различных частот приведены на рис. 6a) и 6b). Из этих кривых видно, что температура шума в зените на частоте 90 ГГц может быть ниже, чем на частоте 44 ГГц. Это характерно для случая очень низких яркостных температур в зените и означает, что содержание паров воды очень невелико (ниже 3 г/м$^3$). Однако из рис. 4 (концентрация паров воды 7,5 г/м$^3$) можно видеть, что яркостные температуры на частоте 90 ГГц и 44 ГГц практически одинаковы.

Яркостную температуру поверхности Земли под определенным углом со стороны надира можно рассчитать с помощью уравнения распространения излучения, описывающего процесс отражения падающего атмосферного излучения и эмиссию излучения от поверхности Земли.

Этот расчет заключается в интегрировании падающего излучения по всем углам и учитывает ослабление в атмосфере.

Уравнение можно упростить до следующего выражения:

$$T = \in T_{surf} + \rho\, T_{atm},$$

где:

$\in$ : эффективная эмиссионная способность земной поверхности

$\rho$: эффективный коэффициент отражения

$T_{surf}$ : физическая температура земной поверхности (K)

$T_{atm}$: взвешенное среднее значение яркостной температуры неба.

Вплоть до частоты 100 ГГц, но особенно на частотах ниже 10 ГГц, коэффициент отражения $\rho$ обычно высок, а эмиссионная способность $\in$ мала.

На рис. 7a) показана эмиссионная способность и яркостная температура гладкой поверхности водоема для вертикальной и горизонтальной поляризации для двух углов падения излучения. Следует отметить, что на частотах более 5 ГГц пресная и соленая вода имеют одинаковые характеристики.

На рис. 7b) показана яркостная температура морской поверхности в надире для трех частот в виде функции от физической температуры морской поверхности при солености, равной 36 частей на тысячу.

На рис. 7c) и 7d) показано, как увеличивается яркостная температура морской поверхности при увеличении скорости ветра. Эти рисунки могут быть полезным инструментом при прогнозировании штормов.

РИСУНОК 6

**Период времени, в течение которого температура шума неба в зените (яркостная) равна или меньше значения абсциссы для типичного года**

a) Юма, штат Аризона, США (1961 г.; общий уровень дождевых осадков: 55 мм)

b) Нью-Йорк, штат Нью-Йорк, США (1959 г.; общий уровень дождевых осадков: 985 мм)

0372-06

РИСУНОК 7

**Изменения эмиссионной способности и яркостной температуры морской поверхности**

a) Эмиссионная способность гладкой морской поверхности

A: вертикальная поляризация
B: углы падения 45° и 0°
C: горизонтальная поляризация

b) Яркостная температура морской поверхности в зависимости от физической температуры воды (надир) при солености 36 частей на тысячу

c) Спекрт увеличения яркостной температуры морской поверхности за счет ветра

● Надир
Вертикальная поляризация (38°)
Горизонтальная поляризация (38°)
(●) Результат

d) Увеличение яркостной температуры поверхности океана за счет ветра на частоте 19,35 ГГц

× Атлантика, Северное море
● Солтон-Си

0372-07

Эмиссионная способность (а следовательно, и яркостная температура) поверхности земли выше, чем у водоемов, так как диэлектрические константы земли меньше по величине. На рис. 8a) показана яркостная температура ровной земной поверхности с различным содержанием влаги; на рис. 8b) представлена яркостная температура для земной поверхности с различной степенью неровности. Эти кривые получены для вертикальной горизонтальной и круговой поляризации. При увеличении содержания влаги яркостная температура уменьшается; при увеличении неровности яркостная температура увеличивается.

На рис. 9 приводятся расчеты яркостной температуры, наблюдаемой с геостационарной орбиты спутником, использующим луч, покрывающий Землю (Земля заполняет основной луч между точками на уровне 3 дБ). По мере движения спутника по орбите можно наблюдать влияние большого участка суши (горячего) на 30° восточной долготы, коим является Африка, коим является Африка, и Тихого океана (холодного) между 180° и 150° западной долготы. Яркостная температура увеличивается при увеличении частоты в основном за счет поглощения газами. Кривые получены для стандартной атмосферы США при плотности водяных паров 2,5 г/м$^3$ 50-процентной облачности. Диаграмма направленности антенны с зоной покрытия, в которую попадет Земля, определяется как $G(\varphi) = -3(\varphi/8{,}715)^2$ дБ при $0 \le \varphi \le 8{,}715$, где $\varphi$ – угол отклонения от точки прицеливания.

## 5 Промышленный шум

Медианные значения мощности промышленного шума[1] для некоторых типов среды показаны на рис. 10. На рисунке показана также кривая галактического шума (см. пункт 6).

Во всех случаях результаты соответствуют линейному изменению медианного значения, $F_{am}$, с частотой $f$ вида:

$$F_{am} = c - d \log f, \tag{11}$$

где $f$ выражена в МГц, а $c$ и $d$ принимают значения, приведенные в таблице 1. Заметим, что уравнение (11) справедливо в диапазоне от 0,3 до 250 МГц для всех категорий окружающей среды, за исключением тех, что соответствуют кривым D и E, показанным на рисунке.

ТАБЛИЦА 1

**Значения констант *c* и *d***

| Категория окружающей среды | *c* | *d* |
|---|---|---|
| Деловая зона (кривая A) | 76,8 | 27,7 |
| Жилые районы (кривая B) | 72,5 | 27,7 |
| Сельская местность (кривая C) | 67,2 | 27,7 |
| Тихая сельская местность (кривая D) | 53,6 | 28,6 |
| Галактический шум (кривая E) | 52,0 | 23,0 |

В таблице 2 приведены значения верхних и нижних децилей мощности шума, $D_u$ и $D_l$, для деловых зон, жилых районов и сельской местности, усредненные по всему диапазону частот, указанному выше. В этой таблице также представлены значения отклонения в зависимости от местоположения. Можно исходить из того, что эти отклонения несогласованны и что подходит логарифмически нормальное распределение по обе стороны от медианы. Эти значения были измерены в 1970-е годы и со временем могут изменяться, в зависимости от деятельности, которая может приводить к появлению промышленного шума.

---

[1] В данной Рекомендации для промышленного шума приводится значение внешнего шума, то есть компонента шума с гауссовым распределением. Часто у промышленного шума есть импульсная составляющая, и она может оказывать большое влияние на рабочие характеристики систем и сетей радиосвязи.

РИСУНОК 8

**Яркостная температура земной поверхности на частоте 1430 МГц в зависимости от угла места**

a) Содержание влаги от 5,9% до 25,1% для гладкого, ровного поля

b) Для (A) гладкого поля (B) средней неровности и (C) неровного (глубоко вспаханного) поля с указанным процентным содержанием влаги

РИСУНОК 9

**Взвешенные значения яркостной температуры Земли в зависимости от долготы, наблюдаемой с геостационарной орбиты, на частотах от 1 до 51 ГГц**

Представленная выше информация о промышленном шуме была получена на основе измерений, проведенных несколько лет назад. Измерения, которые проводились в Европе в 2006/2007 году, в целом подтвердили приведенные выше данные о шуме. Эти результаты включены в таблицы 3 и 4.

РИСУНОК 10

**Медианные значения мощности промышленного шума для короткой вертикальной заземленной несимметричной антенны без потерь**

*Категории окружающей среды*:

Кривые A: деловая зона
B: жилые районы
C: сельская местность
D: тихая сельская местность
E: галактический шум (см. пункт 6)

0372-10

ТАБЛИЦА 2

**Верхние и нижние значения децилей промышленного шума**

| **Категория** | **Дециль** | **Изменение со временем (дБ)** | **Изменение в зависимости от местоположения (дБ)** |
|---|---|---|---|
| Деловая зона | Верхняя<br>Нижняя | 11,0<br>6,7 | 8,4<br>8,4 |
| Жилой район | Верхняя<br>Нижняя | 10,6<br>5,3 | 5,8<br>5,8 |
| Сельская местность | Верхняя<br>Нижняя | 9,2<br>4,6 | 6,8<br>6,8 |

ТАБЛИЦА 3

**Измерения промышленного шума вне помещений в Европе**

| Частота (МГц) | Медианное значение шума $F_a$ (дБ rel $kT_0b$) | | | Верхнее значение дециля | | | Нижнее значение дециля | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Деловая зона | Жилой район | Сельская местность | Деловая зона | Жилой район | Сельская местность | Деловая зона | Жилой район | Сельская местность |
| 35 | 23 | 17 | 16 | 7 | 5 | 1 | 1,5 | 2 | 2 |
| 140 | 12 | 8 | 6 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3,5 | 2 |
| 210 | 16 | 8 | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 270 | 6 | 4 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 425 | 6 | 4 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |

ТАБЛИЦА 4

**Измерения промышленного шума внутри помещений в Европе**

| Частота (МГц) | Медианное значение шума $F_a$ (дБ rel $kT_0b$) | | Верхнее значение дециля | | Нижнее значение дециля | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Деловая зона | Жилой район | Деловая зона | Жилой район | Деловая зона | Жилой район |
| 210 | 14 | 5 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| 425 | 16 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 |

## 6 Яркостная температура, обусловленная внеземными источниками

Как правило, для связи на частотах ниже 2 ГГц необходимо учитывать влияние Солнца и галактики (Млечный путь), которое проявляется в виде широкого пояса с сильным излучением. На частотах приблизительно до 100 МГц медианное значение коэффициента галактического шума для вертикальной антенны, без учета ионосферного экранирования, определяется по формуле:

$$F_{am} = 52 - 23 \log f, \qquad (12)$$

где:

$f$: частота (МГц).

В этих условиях варьирование как верхних, так и для нижних децилей для галактического шума составляет 2 дБ.

Галактический шум не будет наблюдаться на частотах ниже foF2 и будет меньше, чем определяется уравнением (12), для частот, приблизительно в три раза превышающих foF2.

Выше 2 ГГц следует рассматривать только Солнце и несколько очень сильных нетепловых источников, таких как Кассиопея А, Лебедь А и X и туманность Рака, поскольку вклад от космического фона составляет только 2,7 K, а Млечный путь проявляет себя как узкая зона несколько большей интенсивности. На рис. 12 показан диапазон изменения яркостной температуры известных внеземных источников шума на частотах 0,1–100 ГГц.

На рис. 13a, 13b, 13c и 13d представлены сглаженные кривые общей температуры неба на частоте 408 МГц с угловым разрешением 5°. Рисунки 13 даны в экваториальных координатах – склонение, $\delta$ (широта) и прямое восхождение, $\alpha$ (в часах, начиная от весеннего равноденствия, по направлению на восток вокруг экватора). Контуры дают температуру в K выше 2,7 K. Точность составляет 1 K. Интервалы между контурами следующие:

– 2 K ниже 60 K;

– 4 K от 60 K до 100 K;

– 10 K от 100 K до 200 K;

– 20 K выше 200 K.

Стрелки на непомеченных контурах показывают направление движения по часовой стрелке вокруг минимального значения в распределении яркостной температуры.

Пунктирная синусоидальная кривая между ±23,5° на рис. 13a и 13b определяет эклиптику, которая пересекает Млечный путь вблизи центра галактики. Это означает, что если в межпланетном пространстве находится космический корабль, то возможно этот факт необходимо учитывать. Наиболее сильные точечные источники дают острые пики в распределении температуры, тогда как влияние более слабых отражено не так явно из-за недостаточного углового разрешения.

Интенсивность фонового галактического излучения зависит от частоты. Для того чтобы получить яркостную температуру фонового излучения на других частотах, $f_i$, используется формула

$$t_b(f_i) = t_b(f_0)\,(f_i / f_0)^{-2,75} + 2,7 \qquad \text{K.} \tag{13}$$

Таким образом, для $t_b = 200$ K, $f_0 = 408$ МГц и $f_i = 1$ ГГц такая экстраполяция даст значение:

$$t_b = 19,7 \qquad \text{K.}$$

РИСУНОК 11

**Распределение амплитуды шума на базовой станции (150 МГц)**

Для частот, отличных от 150 МГц, кривые H, M, и L следует поднять или опустить в соответствии с формулой:

$$A = C + 10 \log V - 28 \log f,$$

где $A$ = дБ(мкВ/МГц) при 10 ппс.

Кривые H: место с высокими помехами ($V = 100$)
M: место с умеренными помехами ($V = 10$)
L: место с низкими помехами ($V = 1$)

0372-11

РИСУНОК 12

**Внеземные источники шума**

Более точная экстраполяция с использованием этой формулы требует учета изменений экспоненты в зависимости от частоты и местоположения на небосводе. Для точечных источников изменение интенсивности излучения с частотой зависит от их физических условий.

Для электросвязи с использованием спутников на геостационарной орбите особый интерес представляет ограниченный участок небосвода, как показано на рис. 14a). Соответствующий диапазон склонений (±8,7°) показан на рис. 14b) с указанием наиболее сильных источников излучения.

РИСУНОК 13a

**Температура неба на частоте 408 МГц**

Прямое восхождение от 0000 ч до 1200 ч, склонение от 0° до +90°, пунктирная кривая; эклиптика

РИСУНОК 13b

**Температура неба на частоте 408 МГц**

Прямое восхождение от 0000 ч до 1200 ч, склонение от 0° до –90°

0372-13b

РИСУНОК 13c

**Температура неба на частоте 408 МГц**

Прямое восхождение от 1200 ч до 2400 ч, склонение от 0° до +90°

РИСУНОК 13d

**Температура неба на частоте 408 МГц**

Прямое восхождение от 1200 ч до 2400 ч, склонение от 0° до –90°, пунктирная кривая; эклиптика

РИСУНОК 14

**Участок небосвода, предоставляющий интерес для электросвязи с использованием спутников на геостационарное орбите**

a) Геостационарная орбита, видимая с Земли под углом $\theta_0$ ($R_\oplus$: радиус Земли)

b) Местоположения наиболее сильных источников излучения (○) для полосы ±8,7° относительно небесного экватора. Цифры относятся к обозначениям, используемым в каталоге, например 3C означает третий Кэмбридж.

0372-14

Солнце является мощным источником шума, температура которого меняется от примерно $10^6$ K на частотах от 50 до 200 МГц до, по крайней мере, $10^4$ K на частоте 10 ГГц при спокойном Солнце. Сильные всплески интенсивности шума возникают в периоды солнечной активности. Яркостная температура Луны почти не зависит от частоты, если она выше 1 ГГц; она колеблется от 140 K во время новолуния до 280 K при полнолунии. Траектория Солнца проходит через плоскость эклиптики (пунктирная кривая на рис. 13). Луну можно наблюдать в пределах ±5° склонения плоскости эклиптики.

## 7 Атмосферные помехи, вызванные грозовыми разрядами

Карты мира, на которых приведены ожидаемые медианные значения фоновых атмосферных радиошумов, $F_{am}$ (дБ) выше $k\,T_0\,b$, на частоте 1 МГц для каждого времени года при 4-часовых временных блоках, время местное, показаны на рис. 15a–38a. Изменение $F_{am}$ с частотой для каждого блока сезон-время можно видеть на рис. 15b–38b, а изменение других параметров шума в зависимости от частоты – на рис. 15c–38c. В качестве эталонной антенны для этих атмосферных помех принят короткий вертикальный вибратор над идеально проводящей плоской поверхностью Земли. Напряженность падающего поля можно определить с помощью формул, приводимых в пункте 2.

Можно заметить, что на рисунках указаны значения атмосферных помех ниже ожидаемых уровней промышленного шума и галактического шума. Этими значениями следует пользоваться с осторожностью, поскольку они являются всего лишь оценками возможных уровней атмосферных помех в отсутствие шума других типов. Однако анализ данных показал, что в некоторых редких случаях такие низкие уровни помех были действительно измерены.

Атмосферные помехи, обусловленные грозовыми разрядами, как правило, по своему характеру не являются гауссовыми, и их функция плотности вероятности может быть важной при определении рабочих характеристик цифровых систем. Амплитуда распределения вероятности (АРВ) такого типа шума описывается в понятиях отклонения напряжения, $V_d$, коэффициента среднеквадратичного значения средней величины огибающей напряжения шума.

Кривые АРВ, соответствующие различным значениям $V_d$, приведены на рис. 39, где за эталонное принято среднеквадратичное значение огибающей напряжения $A_{rms}$. Измеренные значения $V_d$ колеблются относительно предсказанного медианного значения, $V_{dm}$, и размах этих вариаций определяется параметром $\sigma V_d$. Кривые АРВ можно использовать в широкой полосе частот. Приведенные оценки $V_d$ (рис. 15c–38c) пригодны для ширины полосы 200 Гц, а с помощью рис. 40 можно преобразовать это значение $V_d$ в значение, соответствующее $V_d$ в другой ширине полосы. Строго говоря, рис. 40 справедлив лишь в диапазонах СЧ и ВЧ, поэтому использовать эти данные на более низких частотах (т. е. на НЧ, ВНЧ и КНЧ) следует с осторожностью.

Рисунки используются следующим образом. Значение $F_{am}$ для частоты 1 МГц получено по диаграммам уровней шума (рис. 15a–38a) для рассматриваемого времени года. Используя это значение в качестве градуировочного, можно по кривым частот на рис. 15b–38b определить $F_{am}$ для требуемой частоты. Параметры, характеризующие изменчивость, $\sigma_{Fam}$, $D_u$, $\sigma_{Du}$ и др., получают для требуемой частоты с помощью рис. 15c–38c. Значения $D$ и $\sigma_D$ для других процентов времени можно получить, сделав предположение о том, что распределение по обе стороны от медиан следует логарифмически нормальному закону.

## 8 Комбинирование шумов от различных источников

Существуют ситуации, когда необходимо рассматривать более одного типа шума, поскольку два или более типов шума соизмеримы по интенсивности. Такая ситуация, как привило, возможна на любой частоте, но наиболее часто это случается на ВЧ, когда атмосферные, промышленные и галактические шумы соизмеримы по интенсивности (например, кривая для 10 МГц на рис. 2).

Значения шума для каждого источника шума определены выше, полагается, что величина $F_a$ (дБ) распределяется по обе стороны от медианного значения $F_{am}$ согласно полунормальному распределению. В нижней части полунормального распределения стандартное отклонение $\sigma_l$ (= $D_l$ /1,282) ниже медианы, а в верхней части полунормального распределения стандартное отклонение $\sigma_u$ (= $D_u$ /1,282) выше медианы. У соответствующих коэффициентов шума, $f_a$ (Вт) – логарифмически нормальное распределение по обе стороны от медианы.

Медианное значение, $F_{amT}$, и стандартное отклонение, $\sigma_T$ , от значения шума для суммы двух или более вызывающих шум процессов задается уравнением:

$$F_{amT} = c\left[\ln(\alpha_T) - \frac{\sigma_T^2}{2c^2}\right] \quad \text{дБ.} \tag{14}$$

$$\sigma_T = c\sqrt{\ln\left(1+\frac{\beta_T}{\alpha_T^2}\right)} \quad \text{дБ,} \tag{15}$$

где:

$$c = 10/\ln(10) = 4{,}343. \tag{16}$$

$$\alpha_T = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i = \sum_{i=1}^{n} \exp\left[\frac{F_{ami}}{c} + \frac{\sigma_i^2}{2c^2}\right] \qquad \text{Вт.} \tag{17}$$

$$\beta_T = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^2 \left[\exp\left(\frac{\sigma_i^2}{c^2}\right) - 1\right] \qquad \text{Вт}^2, \tag{18}$$

а $F_{ami}$ и $\sigma_i$ – медианное значение и стандартное отклонение от показателей шума для источников компонентов шума. Для атмосферных помех эти данные получают с помощью рис. 15–38. Для промышленного шума их получают с помощью рис. 10 и таблицы 2. Для галактического шума $F_{am}$ задается уравнением (12), а $\sigma_i$ устанавливается на уровне 1,56 дБ (= 3/1,282).

Верхнее значение дециля, $D_{uT}$, показателя шума для суммы двух или более вызывающих шум процессов задается уравнением:

$$D_{uT} = 1{,}282\ \sigma_T \qquad \text{дБ,} \tag{19}$$

где $\sigma_T$ рассчитывается с использованием верхних значений дециля компонентов шума для расчета $\sigma_i$ (= $D_u$/1,282) в уравнениях (17) и (18).

Нижнее значение дециля, $D_{lT}$, показателя шума для суммы двух или более вызывающих шум процессов задается уравнением:

$$D_{lT} = 1{,}282\ \sigma_T \qquad \text{дБ,} \tag{20}$$

где $\sigma_T$ рассчитывается с использованием нижних значений дециля компонентов шума для расчета $\sigma_i$ (= $D_l$/1,282) в уравнениях (17) и (18).

Когда верхнее значение дециля показателя шума для по крайней мере одного компонента шума превышает 12 дБ, величина $\sigma_T$, рассчитываемая с помощью уравнений (15)–(18) с использованием верхних значений дециля компонентов шума, должна ограничиваться максимальным значением:

$$\sigma_T = c\sqrt{2\ln\left(\frac{\alpha_T}{\gamma_T}\right)} \qquad \text{дБ,} \tag{21}$$

где $\gamma_T$ – коэффициент шума для простой суммы мощностей отдельных медианных коэффициентов шума:

$$\gamma_T = \sum_{i=1}^{n} \exp\left(\frac{F_{ami}}{c}\right) \qquad \text{Вт.} \tag{22}$$

Точно так же, когда нижнее значение дециля показателя шума для по крайней мере одного компонента шума превышает 12 дБ, величина $\sigma_T$ , рассчитываемая с помощью уравнений (15)–(18) с использованием нижних значений дециля компонентов шума, должна ограничиваться максимальным значением, заданным уравнением (21).

РИСУНОК 15a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Зима; 0000–0400 ч местного времени)*

РИСУНОК 15b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Зима; 0000–0400 ч местного времени)*

РИСУНОК 15c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Зима; 0000–0400 ч местного времени)*

Ожидаемые значения атмосферных помех

Ожидаемые значения промышленного шума, когда приемник расположен в тихом месте

$\sigma_{F_{am}}$ : Стандартное отклонение величины, $F_{am}$

$D_u$ : Отношение верхней децили к медианному значению, $F_{am}$

$\sigma_{D_u}$ : Стандартное отклонение величины, $D_u$

$D_l$ : Отношение медианного значения $F_{am}$ к нижней децили

$\sigma_{D_l}$ : Стандартное отклонение величины $D_l$

$V_{dm}$ : Ожидаемое значение медианы отклонения среднего напряжения. Приведены значения для полосы 200 Гц

0372-15b

$\sigma_{V_d}$ : Стандартное отклонение $V_d$

0372-16a

РИСУНОК 16a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума,* $F_{an}$
*(в дБ выше* $kT_0b$ *на частоте 1 МГц) (Зима; 0400–0800 ч местного времени)*

РИСУНОК 16b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Зима; 0400–0800 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 16c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Зима; 0400–0800 ч местного времени)*

0372-16b

См. надпись на рис. 15c

0372-17a

РИСУНОК 17a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума,* $F_{am}$
*(в дБ выше* $kT_0b$ *на частоте 1 МГц) (Зима: 0800–1200 ч местного времени)*

РИСУНОК 17c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Зима; 0800–1200 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15c

0372-17b

РИСУНОК 17b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Зима; 0800–1200 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

0372-18a

РИСУНОК 18a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{an}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Зима; 1200–1600 ч местного времени)*

РИСУНОК 18c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Зима; 1200–1600 ч местного времени)*

0372-18b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 18b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Зима; 1200–1600 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

0372-19a

РИСУНОК 19a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Зима; 1600–2000 ч местного времени)*

РИСУНОК 19b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Зима; 1600–2000 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 19c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Зима; 1600–2000 ч местного времени)*

0372-19b

См. надпись на рис. 15c

0372-20a

РИСУНОК 20a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Зима; 2000–2400 ч местного времени)*

РИСУНОК 20b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Зима; 2000–2400 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 20c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Зима; 2000–2400 ч местного времени)*

0372-20b

См. надпись на рис. 15c

0372-21a

РИСУНОК 21a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума,* $F_{am}$
*(в дБ выше* $kT_0b$ *на частоте 1 МГц) (Весна; 0000–0400 ч местного времени)*

РИСУНОК 21b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Весна; 0000–0400 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 21c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Весна; 0000–0400 ч местного времени)*

0372-21b

См. надпись на рис. 15c

0372-22a

РИСУНОК 22a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Весна; 0400–0800 ч местного времени)*

РИСУНОК 22c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Весна; 0400–0800 ч местного времени)*

0372-22b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 22b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Весна; 0400–0800 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 23a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Весна; 0800–1200 ч местного времени)*

0372-23a

РИСУНОК 23b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Весна; 0800–1200 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 23c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Весна; 0800–1200 ч местного времени)*

0372-23b

См. надпись на рис. 15c

0372-24a

РИСУНОК 24a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума,* $F_{am}$
*(в дБ выше* $kT_0b$ *на частоте 1 МГц) (Весна; 1200–1600 ч местного времени)*

РИСУНОК 24b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Весна; 1200–1600 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 24c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Весна; 1200–1600 ч местного времени)*

0372-24b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 25a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Весна; 1600–2000 ч местного времени)*

0372-25a

РИСУНОК 25c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Весна; 1600–2000 ч местного времени)*

0372-25b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 25b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Весна; 1600–2000 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

0372-26a

РИСУНОК 26a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Весна: 2000–2400 ч местного времени)*

РИСУНОК 26c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Весна; 2000–2400 ч местного времени)*

0372-26b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 26b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Весна; 2000–2400 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 27a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Лето; 0000–0400 ч местного времени)*

РИСУНОК 27c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Лето; 0000–0400 ч местного времени)*

0372-27b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 27b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Лето; 0000–0400 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

0372-28a

РИСУНОК 28a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума,* $F_{am}$
*(в дБ выше* $kT_0b$ *на частоте 1 МГц) (Лето; 0400–0800 ч местного времени)*

РИСУНОК 28c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Лето; 0400–0800 ч местного времени)*

0372-28b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 28b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Лето; 0400–0800 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

0372-29a

РИСУНОК 29a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Лето; 0800–1200 ч местного времени)*

РИСУНОК 29c – *Данные по изменчивости и характеру шума*
*(Лето; 0800–1200 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 29b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты*
*(Лето; 0800–1200 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

0372-30a

РИСУНОК 30a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума,* $F_{am}$
*(в дБ выше* $kT_0b$ *на частоте 1 МГц) (Лето; 1200–1600 ч местного времени)*

РИСУНОК 30c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Лето; 1200–1600 ч местного времени)*

0372-30b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 30b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Лето; 1200–1600 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

0372-31a

РИСУНОК 31a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Лето; 1600–2000 ч.местного времени)*

РИСУНОК 31c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Лето; 1600–2000 ч местного времени)*

0372-31b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 31b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Лето; 1600–2000 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

0372-32a

РИСУНОК 32a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Лето; 2000–2400 ч местного времени)*

РИСУНОК 32c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Лето; 2000–2400 ч местного времени)*

0372-32b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 32b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Лето; 2000–2400 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

0372-33a

РИСУНОК 33a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Осень; 0000–0400 ч местного времени)*

РИСУНОК 33b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Осень; 0000–0400 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 33c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Осень; 0000–0400 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15c

0372-33b

РИСУНОК 34a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Осень, 0400–0800 ч местного времени)*

РИСУНОК 34b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Осень; 0400–0800 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 34c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Осень; 0400–0800 ч местного времени)*

0372-34b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 35a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Осень; 0800–1200 ч местного времени)*

РИСУНОК 35c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Осень; 0800–1200 ч местного времени)*

0372-35b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 35b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Осень; 0800–1200 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

0372-36a

РИСУНОК 36a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Осень; 1200–1600 ч местного времени)*

РИСУНОК 36b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Осень; 1200–1600 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 36c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Осень; 1200–1600 ч местного времени)*

0372-36b

См. надпись на рис. 15c

0372-37a

РИСУНОК 37a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{an}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Осень; 1600–2000 ч местного времени)*

РИСУНОК 37c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Осень; 1600–2000 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15c

0372-37b

РИСУНОК 37b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Осень; 1600–2000 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

0372-38a

РИСУНОК 38a – *Ожидаемые значения атмосферного радиошума, $F_{am}$*
*(в дБ выше $kT_0b$ на частоте 1 МГц) (Осень; 2000–2400 ч местного времени)*

РИСУНОК 38c – *Данные по изменчивости и характеру шума (Осень; 2000–2400 ч местного времени)*

0372-38b

См. надпись на рис. 15c

РИСУНОК 38b – *Изменение уровня радиошума в зависимости от частоты (Осень; 2000–2400 ч местного времени)*

См. надпись на рис. 15b

РИСУНОК 39

**Вероятностные распределения амплитуд атмосферного радиошума при разных значениях $V_d$**

РИСУНОК 40

**Перевод значений $V_d$, $V_{dm}$ для ширины полосы 200 Гц в соответствующие значения для другой ширины полосы, *b***