

Международный союз электросвязи

**МСЭ-R**  
Сектор радиосвязи МСЭ

**Отчет МСЭ-R SM.2155**  
(09/2009)

**Измерение промышленных шумов  
в ВЧ диапазоне**

**Серия SM**  
**Управление использованием спектра**



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 Отчетов МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publications/R-REP/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
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
<b>SM</b>	<b>Управление использованием спектра</b>

*Примечание.* – Настоящий Отчет МСЭ-R утвержден на английском языке Исследовательской комиссией в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация  
Женева, 2010 г.

## ОТЧЕТ МСЭ-R SM-2155

## Измерение промышленных шумов в ВЧ диапазоне

(2009)

**1 Введение, дополнительная информация**

Радиочастотный шум из различных источников добавляет на входные цепи любого приемника нежелательный фоновый РЧ шум определенного уровня, который должен быть превышен полезными сигналами для успешного их приема. В Рекомендации МСЭ-R P.372 определены как условия для возникновения радиочастотного шума, так и его различные источники, а также установлены средние значения для каждого отдельного источника. На частотах ниже 1 ГГц, в зависимости от частоты, может доминировать шум от одного или нескольких следующих источников:

- галактический шум;
- атмосферный шум из-за грозных разрядов;
- промышленный шум (MMN).

В диапазоне частот ВЧ обычно наблюдается комбинация атмосферного и промышленного шумов, а в диапазоне ОВЧ/УВЧ доминирует промышленный шум.

Основной причиной атмосферного шума являются грозные разряды. Его среднее значение точно установлено и маловероятно, что оно заметно изменится в течение долгосрочного периода времени. Однако MMN является совокупной суммой всех непредусмотренных излучений от множества электрических и электронных приборов, включая излучения от проводных систем электросвязи, например, линий электропередач, локальных сетей передачи данных и пр. Уровень MMN в высшей степени зависит от плотности размещения и характера излучения этих источников шума. Кроме того, за несколько лет он может значительно изменяться. В данном Отчете показаны практические способы измерения MMN на частотах ниже 30 МГц.

Из-за особенностей распространения радиоволн, загруженности радиочастотного спектра и практического отсутствия антенн, работающих без потерь, проведение измерений радиочастотного шума на частотах ниже 30 МГц гораздо сложнее, чем на более высоких частотах.

Главной частью радиочастотного шума является MMN, состоящий из нежелательных излучений электрических и электронных устройств. Излучения от каждого из таких устройств можно классифицировать следующим образом:

- *Белый гауссовский шум (WGN)*: Излучения, имеющие шумоподобное распределение амплитуды в полосе частот, которая, как правило, больше ширины полосы измерения.
- *Импульсный шум (IN)*: Излучения, которые существуют только в течение определенного процента времени, обычно состоят из последовательностей импульсов (пачек импульсов) с ограниченной, малой длительностью и иногда повторяются с определенной скважностью (частота следования импульсов или PRF).
- *Шум отдельной несущей (SCN)*: Излучения с более или менее постоянной амплитудой и шириной полосы, которая меньше ширины полосы измерений.

В Рекомендации МСЭ-R P.372 указывается, что MMN является суммой множества излучений от неизвестного количества источников. SCN обычно принимается только от одного источника, и эта составляющая как таковая исключена из определения MMN. При измерении радиочастотного шума, необходимо обеспечить, чтобы эта часть MMN не превалировала в итоговом значении, для этого подбирают местоположение и частоту. Поскольку совокупная сумма множества источников, излучающих SCN и WGN, быстро добавляется к сигналу в приемнике, подобному WGN, для многих источников IN это не так: При долговременной записи MMN, в состав которого входят импульсы от многих сотен разных источников, импульсные характеристики будут оставаться заметными.

В Рекомендации МСЭ-R SM.1753 предложены руководящие указания для измерения и оценки радиочастотного шума во всех диапазонах частот. В данном отчете измерения описываются более подробно, особенно в диапазоне частот ВЧ, включая оценку импульсного шума и разделение MMN и атмосферного шума. Этот подход соответствует измерению "Типа С" из Рекомендации МСЭ-R SM.1753. В качестве примера в этом отчете также описана система измерения ВЧ MMN, используемая в Германии, и полученные с ее помощью результаты.

## 2 Параметры характеристики MMN

### 2.1 WGN

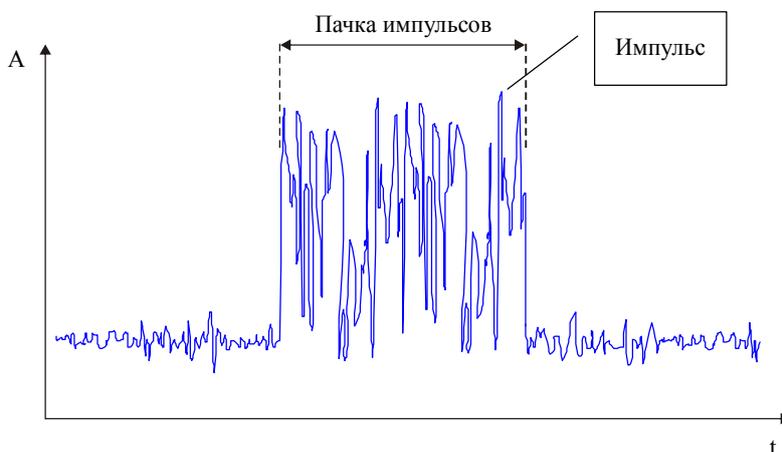
Для WGN достаточно измерить среднеквадратический (RMS) уровень MMN, интегрированный в течение достаточно долгого времени (например, 1 секунды). Это обычно выполняется при помощи среднеквадратического (RMS) детектора измерительного приемника и записи полученных результатов, из которых позже можно вывести среднее число для желаемого интервала времени, например, 1 час.

### 2.2 IN

Стандартная функция зависимости амплитуды от времени у реальных источников шума обычно не прямоугольная. Наоборот, эти источники излучают серии очень коротких импульсов, которые можно увидеть как пачки импульсов (см. рисунок 1).

РИСУНОК 1

Уровень в зависимости от времени стандартного источника импульсного шума



Report SM.2155-01

Для того чтобы охарактеризовать IN и его возможный помеховый потенциал для приемников радиосвязи, особенно интересно определить следующие параметры:

- уровень импульса или пачки импульсов;
- длительность импульса или пачки импульсов;
- период цикла импульса или пачки импульсов;
- общее время импульса или пачки импульсов в процентах.

Большинство упомянутых выше параметров невозможно измерить напрямую. Вместо этого измерительное оборудование должно на очень большой скорости собирать отсчеты сигнала, которые не были взвешены детектором "выборки исходных данных". Параметры IN и их статистическое распределение выводятся позднее в процессе вычисления.

### 3 Проблемы и решения

Особенно в ВЧ-диапазоне мы сталкиваемся со следующими проблемами и предлагаем следующие решения:

- а) Для измерения шума нельзя найти ни одной частоты, которая была бы свободна от полезных или преднамеренных излучений на все время измерения (обычно 24 часа) из-за плотной занятости ВЧ спектра и приема излучений издалека.

*Решение:* Измерительная система должна автоматически выбирать и изменять частоту измерения. Непосредственно перед самым измерением проводится сканирование необходимого диапазона частот, и для последующих измерений используется частота с самым низким уровнем.

- б) Атмосферный шум, например, от грозových разрядов, или некоторые преднамеренные излучения, принимаемые вследствие ионосферного распространения сигнала, могут иметь характеристики, схожие с MMN, и вызывать трудности при идентификации. Однако, если следует измерить только MMN, необходимо отделить атмосферный шум от промышленного, вызванного локальными источниками.

*Решение:* Измерения MMN выполняются одновременно в двух местоположениях (местоположение измерения и эталона). Расстояние между обоими местоположениями составляет от 0,5 до 10 км. Оборудование полностью синхронизировано по времени. Предполагается, что характерные формы волны, которые обнаружены в обоих местоположениях, должны приниматься через ионосферу и удаляться из результатов MMN при помощи процесса корреляции.

- в) Из-за особенностей распространения радиоволн, излучения, особенно от радиовещательных передатчиков, создают уровни принимаемых сигналов, которые более чем на 100 дБ превышают наблюдаемый уровень MMN. Это приведет к перегрузке чувствительного измерительного оборудования и получению неверных результатов.

*Решение:* На входе первого каскада усиления измерительного оборудования устанавливают полосовые фильтры. В частности, радиовещательные диапазоны подавляются как минимум на 20 дБ относительно ослабления в полезном диапазоне измерений. Это также предполагает, что нельзя использовать активные антенны со встроенными предусилителями, так как предусилитель всегда подвергается перегрузке, поскольку расположен перед фильтром.

- г) Из-за особенностей распространения радиоволн, уровень WGN в каждом диапазоне частот будет зависеть от времени суток. Поэтому недостаточно привести к среднему знаменателю результаты WGN, собранные в течение одного дня в одном значении.

*Решение:* Измерения проводятся в течение 24 часов. Результаты усредняются для каждого часа, в результате для каждого измерения получают 24 значения WGN.

- д) Из-за длины волн на частотах ниже 30 МГц нельзя использовать настроенный диполь в условиях свободного пространства или любую антенну без потерь, как указано в Рекомендации МСЭ-R P.372. Существующая измерительная антенна не сможет передать всю доступную мощность из поля в приемник.

*Решение:* Для корректировки результатов измерения, до вычисления значений внешнего шума применяется усредненный коэффициент антенны.

### 4 Оборудование и настройка измерения

Для измерения MMN в диапазоне частот ниже 30 МГц, включая IN, необходимо следующее оборудование.

ТАБЛИЦА 1

## Основные измерительное оборудование и требования

Часть оборудования	Важные требования, замечания
ВЧ антенна	Горизонтальная диаграмма: ND Пример: короткий несимметричный вибратор на земле с закрепленными азимутами Коэффициент усиления антенны на частоте 5 МГц: $\leq 35$ дБ <sup>(1)</sup> Коэффициент усиления антенны на частоте 12–30 МГц: $\leq 20$ дБ Фидер с ферритовым сердечником для подавления волн от оболочки
ВЧ полосовой фильтр для подавления радиовещательных диапазонов	Подавление $\geq 20$ дБ на частотах 9–5 000 кГц, 5 600–12 000 кГц, 13 600–19 000 кГц, 21 500–30 000 кГц Ослабление в полосе пропускания $\leq 4$ дБ
Малощумящий усилитель	Минимальный диапазон частот: 3–30 МГц Усиление: $\geq 15$ дБ Коэффициент шума на частотах ниже 10 МГц: $\leq 6$ дБ Коэффициент шума на частотах выше 10 МГц: $\leq 3$ дБ
Измерительный приемник	Анализатор БПФ или анализатор с качанием частоты Частота дискретизации: $\geq 20$ кГц <sup>(2)</sup> Время снятия измерений/качания: $\geq 1$ с <sup>(3)</sup> Интерфейс для передачи оперативных данных на компьютер Ширина полосы приемника (RBW): 10 кГц <sup>(2)</sup>
Компьютер с управляющим программным обеспечением	Настройка и управление измерительным приемником Хранение данных Обеспечение временной синхронизации оборудования <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Коэффициент усиления антенны обозначает, что при переводе напряжения антенны в напряженность поля следует применять коэффициент преобразования.

Он обычно измеряется в дБ и используется следующим образом:

$$E = U + AF,$$

где:

$E$  : напряженность электрического поля (дБ(мкВ/м)),

$U$  : напряжение на выходе антенны (дБ(мкВ)),

$AF$  : Коэффициент усиления антенны (дБ).

Следует отметить, что для направленных антенн должен применяться только средний коэффициент усиления антенны, интегрированный по любому возможному углу азимута и места. Когда источники шума распределены равномерно, мощность шума, принимаемого направленной измерительной антенной и теоретической изотропной антенной, будет одинаковой. В связи с этим средний коэффициент антенны получается при помощи применения соответствующих исправлений к усилению антенны в определенном направлении.

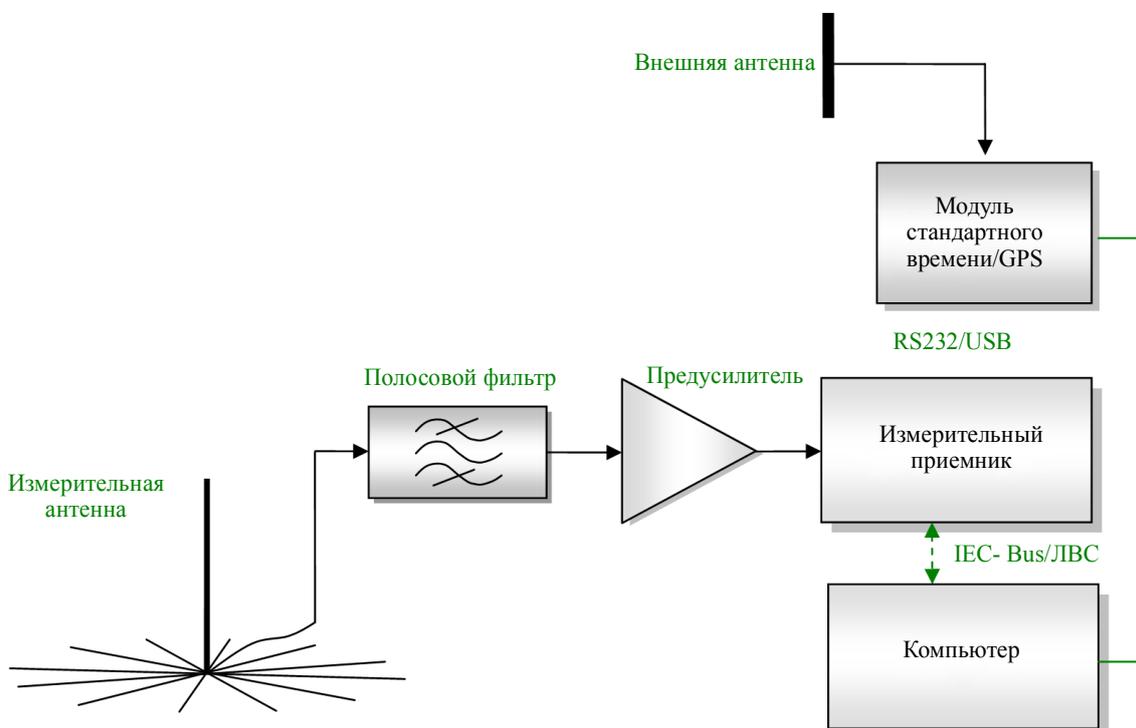
<sup>(2)</sup> Ширина полосы измерения ориентирована на систему радиовещания в полосах частот ниже 30 МГц и разнос каналов для него, что является системой DRM с разносом в 10 кГц и с максимальной шириной полосы 20 кГц. Применение более широкой RBW уменьшит шанс найти свободную частоту для измерения. Самый короткий импульс, который может быть полностью принят приемником с шириной полосы 10 кГц, равен  $2/20$  кГц = 100 мкс. Для того чтобы принимать все импульсы, скорость выборки должна быть как минимум в два раза больше RBW.

<sup>(3)</sup> Время снятия измерений или время качания, равное 1 с, позволяет обнаружить частоты цикла импульса/пачки импульсов до 2 Гц. Предполагается, что периодические излучения с нижними частотами следования будут медленнее, чем максимальная скорость передачи кадров любой цифровой передачи. Следовательно, мешающее воздействие этих сигналов будет похоже на один импульс помехи.

<sup>(4)</sup> Временная синхронизация оборудования в местоположении измерения и эталона может, например, быть достигнута при помощи подключения внешних устройств, например, модулей DCF77 или GPS.

Используется следующая измерительная установка:

РИСУНОК 2  
Основная измерительная установка



Report SM.2155-02

## 5 Процедура измерения

Как упоминалось ранее, прежде чем принимать какие-либо данные, система должна найти подходящую свободную частоту. Этого можно достичь на этапе "предварительного запуска", который представляет собой качание по всему диапазону полосы пропускания фильтра, предпочтительно с той же RBW, что и для реальных измерений и детектора RMS. Частота, где отмечается самый низкий уровень, является кандидатом на последующие окончательные измерения WGN и IN.

Уровень WGN измеряется во втором прогоне при помощи детектора RMS, узкой RBW, например, 100 Гц, нулевым или узким интервалом, например, 100 кГц, и временем интегрирования как минимум в 1 с.

Уровень IN измеряется в третьем прогоне при помощи детектора отсчетов, нулевого интервала и 10 кГц RBW в течение времени снятия измерений в 1 с или больше. В течение каждой секунды следует делать и сохранять как минимум 10 000 выборок.

Достаточно повторять эти измерения на каждой частоте каждые 5 минут.

Процесс временной синхронизации должен гарантировать, что третий прогон всегда выполняется одновременно в местоположении измерения и в местоположении эталона с максимальным сдвигом примерно 100 мс. Это гарантирует необходимое (90%) наложение времени снятия измерений IN из обоих мест.

Для определения параметров MMN рекомендуется провести измерения, как минимум, в 3 разных диапазонах частот, равномерно распределенных по всему ВЧ диапазону от 3 до 30 МГц. Следует избегать радиовещательных диапазонов, так как они очень загружены передатчиками с высокой мощностью, что дает высокий уровень принимаемых сигналов. Следует отдавать предпочтение диапазонам подвижной службы с загрузкой на небольшое время, например, 4–5, 12–13 и 19–20 МГц.

## 6 Оценка результатов измерений

### 6.1 WGN

В Рекомендации МСЭ-R P.372 предлагается показывать результаты WGN в виде значения внешнего шума  $F_a$ . Его можно вывести из уровня шума, который будет получен от согласованной изотропной антенны без потерь, за счет нормализации ее до ширины полосы 1 Гц, и измерения его в количестве дБ выше теплового шума (обычно  $kTB = -174$  дБм/Гц).

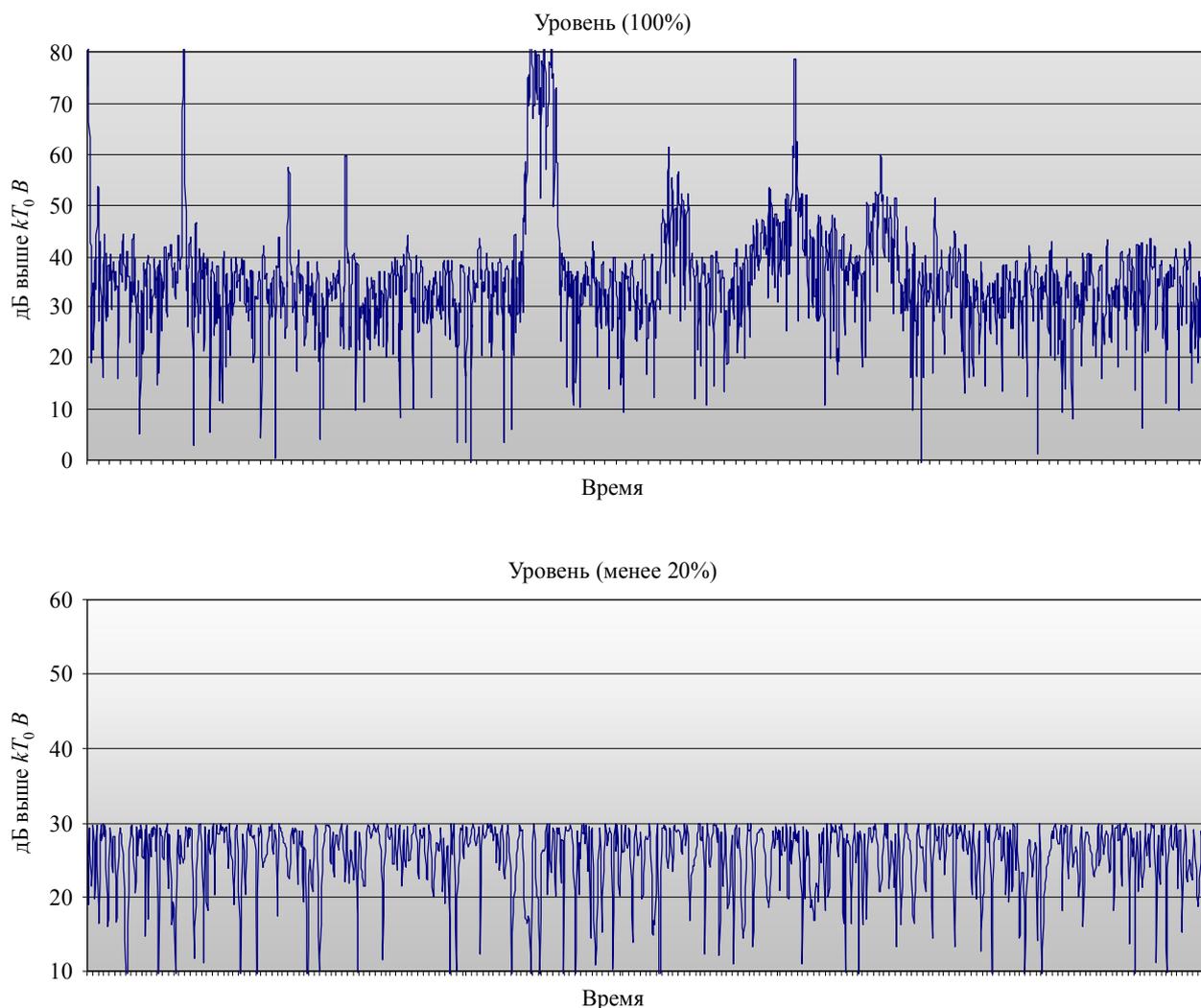
*Пример:* Если измеренный на 100 Гц RBW (исправленный) уровень MMN равен  $-120$  дБм, его значение будет соответствовать величине  $-140$  дБм в RBW = 1 Гц, что на 34 дБ выше  $kTB$ .

Если, как в большинстве случаев, измерительная антенна не может считаться антенной без потерь, то должны применяться корректировки. Это подробно описывается в Рекомендации МСЭ-R SM.1753.

В тех случаях, когда нельзя предположить, что весь диапазон измерений свободен от запланированных излучений, уровень WGN следует определять по отсчетам RMS при помощи метода 20%, описанного в Рекомендации МСЭ-R SM.1753: Из всех значений измерений отбрасываются 80% отсчетов, отражающих высокие уровни, остаются только 20% отсчетов, отражающих нижние уровни (смотрите рисунок 3). Эта процедура исключает из результата преднамеренные излучения. Оставшиеся значения усредняются. Однако, при отбрасывании 80% всех отсчетов, отсекаются и некоторые высокие уровни WGN. Поэтому к усредненному результату следует применять поправки. Эти поправки определяются путем подачи в измерительную систему чистого WGN (например, из источника шума) и его записи в течение короткого времени с теми же значениями, которые используются для фактических измерений MMN. Поправки, которые следует применить, являются разницей средней величины всех (100%) отсчетов и средней величины 20% самых нижних отсчетов, полученных в результате измерений с источником шума.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1.** – Этот метод также устранит из результата  $F_a$  любой импульсный атмосферный шум, например, от грозовых разрядов, оставив точную оценку только MMN.

РИСУНОК 3  
Уровень в зависимости от времени для одного измерения



Report SM.2155-03

*Пример:* MMN, включая некоторые преднамеренные излучения, измеряется с шириной полосы разрешения (RBW) 100 Гц. Среднее значение всех отсчетов, скорректированное для используемой антенны, составляет  $-100$  дБм. Среднее значение самых нижних 20% отсчетов равно  $-120$  дБм. Измерение истинного WGN из источника шума в среднем для всех отсчетов равно  $-60$  дБм, а в среднем для самых нижних 20% значений составляет  $-70$  дБм. Поправка, которая должна применяться, и которую следует добавить к 20% значению реальных измерений MMN ( $-120$  дБм), составляет 10 дБ. Поэтому, правильный уровень WGN равен  $-110$  дБм, измеренный в 100 Гц RBW. Если уменьшить RBW до 1 Гц, это значение будет равно  $-130$  дБм. Учитывая, что уровень теплового шума равен  $-174$  дБм/Гц, окончательный результат WGN будет равен 44 дБ выше  $kTB$ .

## 6.2 IN

В отличие от WGN, уровень измеренного шума IN не меняется линейно с изменением ширины полосы. Это происходит из-за того, что ширину полосы излучения очень коротких импульсов следует считать более широкой, чем ширина полосы измерений, что вызывает снижение измеренного уровня. Для того чтобы получить не зависящие от ширины полосы результаты, измеренные значения представлены в виде плотности уровня и измеряются в (дБ(мкВ/МГц)). Для того чтобы получить окончательное представление результатов IN, необходимы четыре этапа вычислений:

- а) отделение отсчетов IN от отсчетов WGN;

- b) определение пачки импульсов;
- c) сравнение местоположений измерения с эталоном (только для типа измерений 3);
- d) вычисление уровня/плотности, продолжительности цикла и общего времени пачки импульсов.

### 6.2.1 Разделение IN и WGN

Отделять отсчеты IN от отсчетов WGN необходимо по следующим причинам:

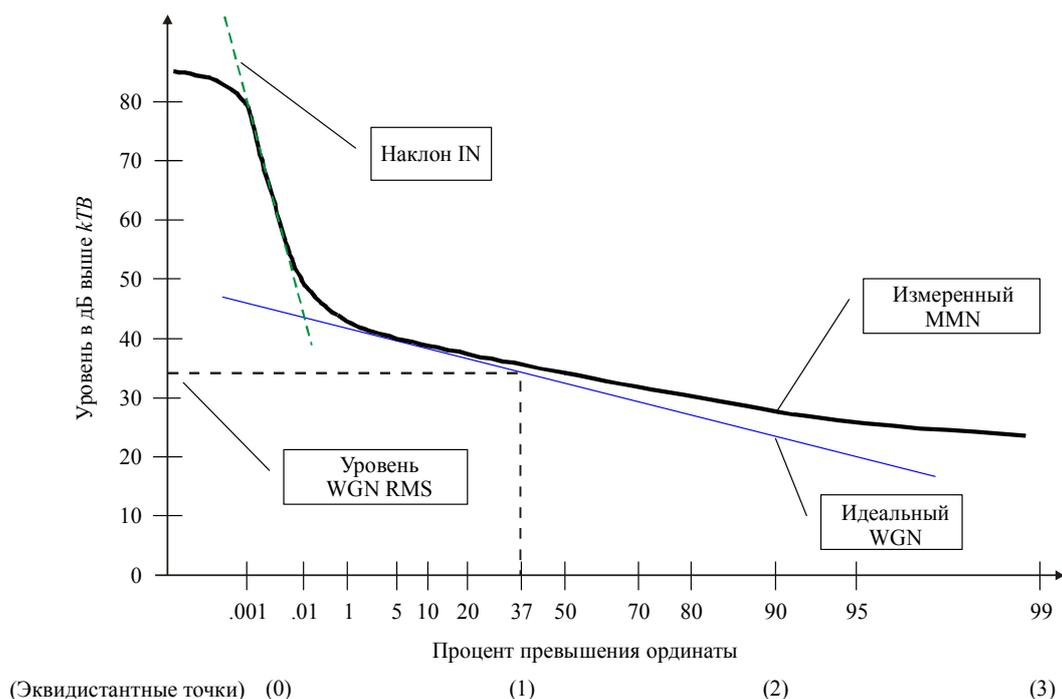
- Импульсы присутствуют в течение только очень небольшого процента времени. Без разделения IN и WGN в результатах будут полностью доминировать постоянно присутствующие WGN, а характеристики немногих импульсов будут не видны.
- строго говоря, WGN можно увидеть также в виде серии очень коротких импульсов, но статистические сведения IN должны применяться только к тем пикам, которые возникают из источников излучения IN.

В отсутствие теоретического математически обоснованного метода, предлагается отделять отсчеты IN от отсчетов WGN при помощи порогового уровня, достаточно высокого для подавления всех (или практически всех) пиков WGN. Все отсчеты, превышающие порог, считаются отсчетами IN. Фактическим значением порога является коэффициент CREST (разница между пиковым и средним уровнем мощности) чистого WGN, равный 13 дБ (фактическое значение, которое также будет видно при переходе с пикового детектора на детектор RMS). Поэтому необходимо определить средний (RMS) уровень мощности отсчетов WGN в каждом измерении. Значения уровня IN собирались при помощи детектора отсчетов. Так как использовалась быстрая выборка данных, уровень WGN будет рассчитан при помощи так называемого APD-метода.

Сначала все отсчеты измерений распределяются в порядке возрастания. Затем для каждого измеренного уровня в списке рассчитывается, сколько отсчетов превышают этот уровень. Затем создается график, показывающий количество отсчетов, превысивших определенный уровень по сравнению с этим уровнем (см. рисунок 4). Этот график называется распределением вероятностей амплитуды (APD).

РИСУНОК 4

Типовое распределение вероятностей амплитуды (APD)



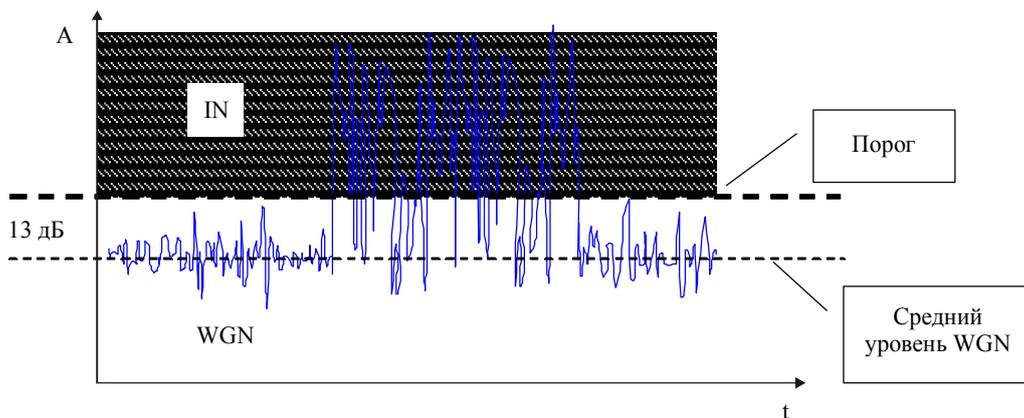
Центральная часть APD характеризует WGN. Следующие факты можно доказать математическим путем, однако это доказательство находится вне рамок рассмотрения данного Отчета:

- APD чистого WGN является прямой линией с наклоном в 1/10, когда ось x масштабируется по Рэлю.
- Числовой наклон линии WGN в 1/10 применяется к линейному эквиваленту масштабирования по Рэлю. Примерами равноотстоящих точек на оси x являются значения 0,0045%, 36,5%, 90,5% и 99%, которые соответствуют линейным значениям 0, 1, 2 и 3 (см. рисунок 4, ниже). Эти значения могут использоваться для того, чтобы нарисовать линию WGN на графике APD: уровень растет на 10 дБ с 99% до 90,5%, с 90,5% до 36,8% и 36,8% до 0,0045%.
- Значение RMS WGN является уровнем, где линия пересекает точку с вероятностью 37%.

Если, как в большинстве случаев, результаты измерений содержат также и IN, и SCN, то APD из прямой линии превращается в стандартную форму, показанную на рис. 4. Более надежным способом определения среднеквадратического (RMS) уровня только части WGN является сдвиг прямой линии с наклоном чистого WGN снизу вверх до тех пор, пока она не коснется кривой измеренных значений APD. Тогда RMS значение WGN берется из тех точек линии, где она пересекает точку вероятности 37% (пунктирные линии).

Порог для отделения IN от WGN для данного среднеквадратического значения равен плюс 13 дБ (см. рисунок 5).

РИСУНОК 5  
Отделение IN от WGN при помощи порога



Report SM.2155-05

Последующие этапы вычислений применяются только к тем отсчетам измерений, которые превышают порог.

Главным недостатком этого метода разделения по сравнению с чисто математическими подходами является некоторая потеря чувствительности: Импульс может быть обнаружен, только если его уровень, как минимум, на 13 дБ выше среднего уровня WGN. Более слабые импульсы теряются. Однако этот недостаток приемлем по следующим причинам:

- Современные системы радиосвязи относительно устойчивы к помехам IN. Для того чтобы прием стал невозможным, его уровень должен быть очень высоким.
- Уровень WGN MMN также рассматривается как отдельное значение. Для того чтобы функционировать должным образом, система радиосвязи должна в любое время противостоять постоянному уровню MMN. Короткие "пики" в WGN, которые на 13 дБ выше среднего, здесь уже учтены.

### 6.2.2 Обнаружение пачки импульсов

В большинстве случаев помехи приемникам радиосвязи создает именно средняя мешающая РЧ энергия. Когда источник шума излучает серии очень коротких импульсов в широкой полосе радиочастот, приемник, испытывающий помехи, интегрирует их на протяжении пачки импульсов. Кажется логичным сделать то же самое при вычислении IN и его помехового потенциала для систем радиосвязи.

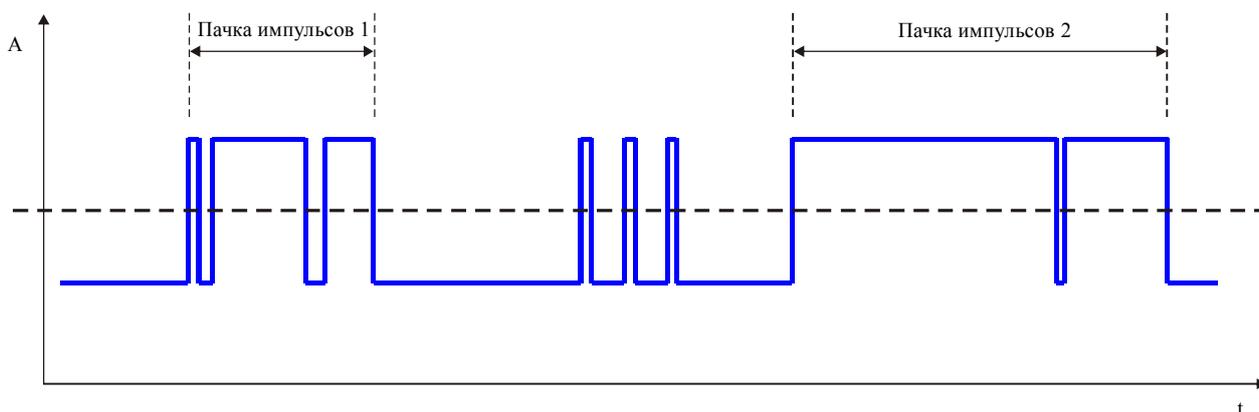
Поэтому предлагается объединить короткие отсчеты IN в пачки импульсы так, чтобы каждая результирующая пачка импульсов во время измерения соответствовала всем следующим условиям:

- Как минимум 50% всех отсчетов в пачке импульсов должны превышать порог.
- Ни один отсчет в пределах 25% общего времени пачки импульсов до начала пачки импульсов и ни один отсчет в пределах 25% общего времени пачки импульсов после окончания пачки импульсов не может превышать порог.

Первое условие гарантирует, что большинство отсчетов во время пачки импульсов находится выше порога. Второе условие создает минимальную "область зазора" вокруг каждой пачки импульсов, которая равна половине его длины, поровну с каждой стороны пачки импульсов. На следующем рисунке показаны примеры с упрощенными прямоугольными импульсами.

РИСУНОК 6

#### Принципы обнаружения пачки импульсов



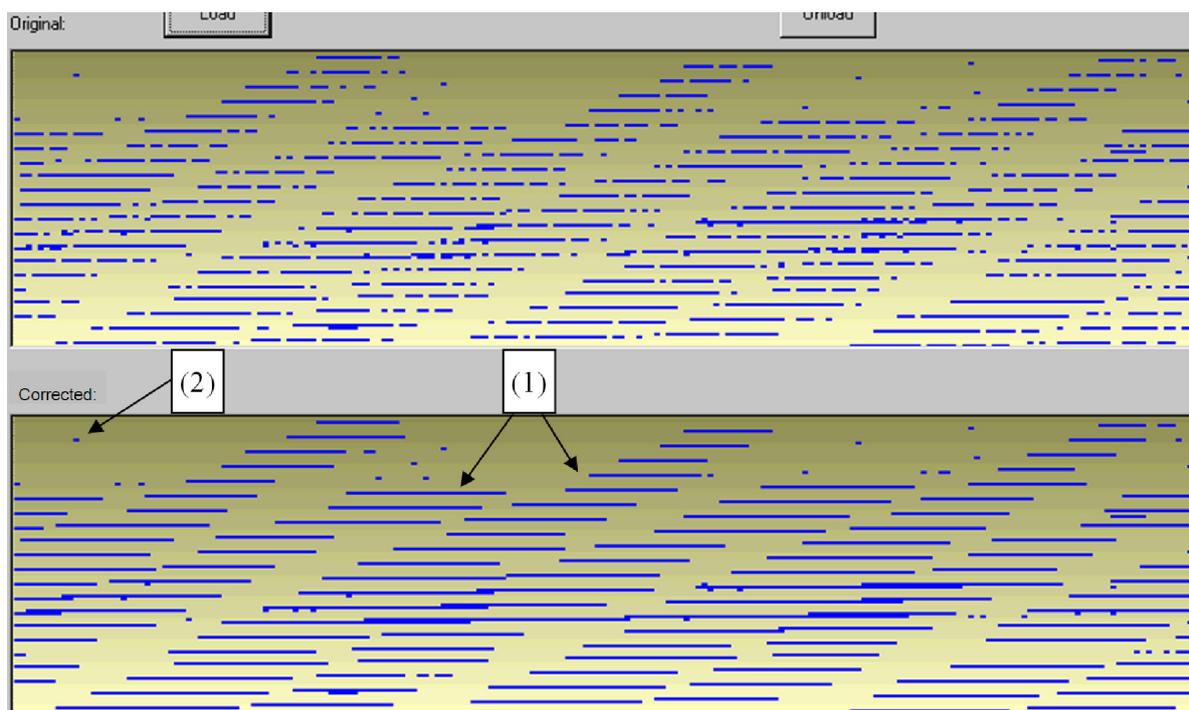
Report SM.2155-06

Первые три и третьи два импульса объединены в пачку импульсов. Серия импульсов в середине не может быть объединена, так как в результирующей пачке импульсов будет менее 50% отсчетов, превышающих порог. По той же причине первая пачка импульсов не может быть расширена с тем, чтобы охватить три коротких импульса в середине. Их нельзя включить во вторую пачку импульсов, так как между результирующей более длинной пачкой импульсов 2 и пачкой импульсов 1 не будет достаточного интервала. Эти импульсы останутся отдельными импульсами.

На рисунке 7 показаны результаты обнаружения пачек импульсов, примененные к реальному снятию измерения в измерениях MMN.

РИСУНОК 7

## Практический пример обнаружения пачек импульсов



На рисунке 7 показан уровень по отношению ко времени всего блока измерения длительностью 1 с. Для того чтобы обеспечить достаточное разрешение, оно изображено множеством линий, и они расположены друг под другом, точно так же как электронный пучок создает построчно кадры на экране аналогового телевизора. Синие пиксели показывают уровни, превышающие порог. В верхнем окне показаны исходные данные, в нижнем окне показаны результаты обнаружения пачек импульсов. Можно четко видеть, что главный источник шума представляет собой устройство с определенной длительностью пачки импульсов и постоянной частотой повторения (1). Однако некоторые дополнительные короткие импульсы посередине сохраняются с полным временным разрешением (2).

### 6.2.3 Вычисление параметров IN

Описанный здесь процесс определения уровня, длительности и времени повторения применяется к каждой пачке импульсов, созданной в соответствии с п. 6.2.2, и к каждому оставшемуся импульсу, который не является частью пачки импульсов. Для простоты в следующем тексте для обоих понятий используется слово "пачка импульсов".

Уровень пачки импульсов является линейным средним значением всех отсчетов от начала до окончания пачки импульсов, вне зависимости от того, выше они или ниже порога. Этот метод показывает средний интегрированный РЧ уровень (RMS), наблюдаемый в течение всего времени длительности пачки импульсов, так как это значение определяет воздействие помех на приемники радиосвязи.

Как упоминалось ранее, измеренный уровень пачки импульсов не меняется линейно с изменением ширины полосы. Поэтому желательно указать его как уровень плотности, а не как абсолютный уровень. Рекомендуемыми единицами измерения являются (дБ(мкВ/МГц)). Это значение можно получить из результатов измерений следующим образом:

$$W_g = U + 20 \cdot \log(1 \text{ МГц}/B_w),$$

где

$W_g$  : спектральная плотность (дБ(мкВ/МГц)),

$U$ : измеренное напряжение на входе приемника (дБ(мкВ)),

$B_w$  : ширина полосы измерения (МГц).

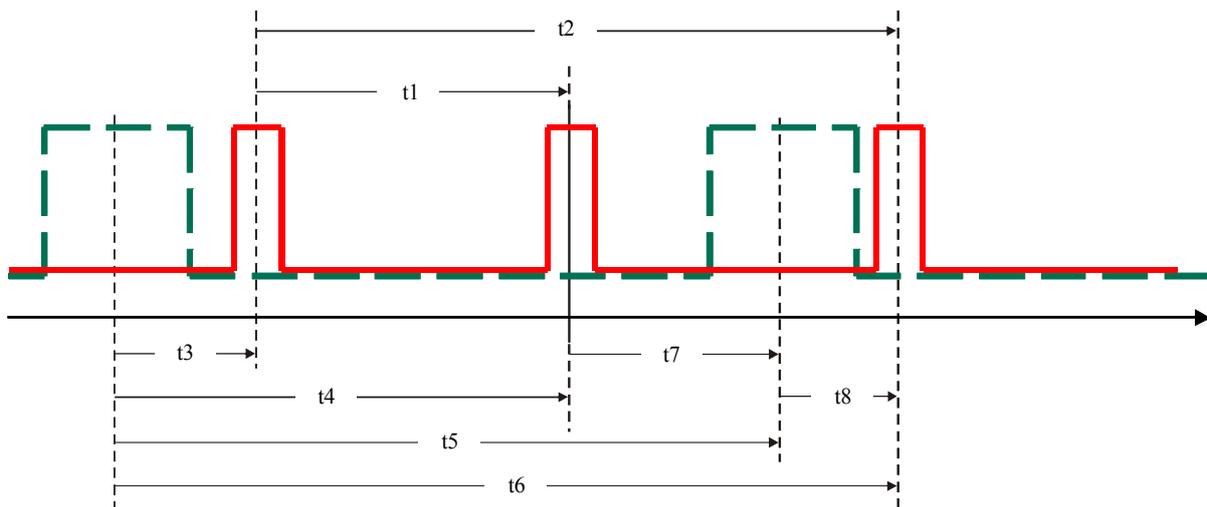
Другим параметром, связанным с уровнем пачки импульсов, является функция, при помощи которой уровень пачки импульсов возрастает до самых высоких значений измеренных уровней. Ее можно описать при помощи угла наклона, на который дуга IN в графике APD поднимается к левой стороне (см. рисунок 4). Наклон импульса – это наклон вспомогательной линии, которая соединена с самой крутой частью "дуги" импульса в APD. Она вычисляется относительно линейной оси x, как наклон линии WGN (см. рисунок 4). Значения наклона IN всех качаний приведены к среднему значению для всего времени записи.

Длительность пачки импульсов является временем между первым и последним отсчетами пачки импульсов, превышающих порог.

Частота повторения пачек импульсов является обратной величиной разницы по времени между центральными (или срединными) отсчетами двух любых импульсов, снятых в течение одного измерения/качания. Результатом будет время прибытия в гистограмме разницы. В том случае, когда в одном измерении регистрируется много пачек импульсов, необходимо определить время для каждой возможной комбинации, что даст в результате множество значений частоты повторения (см. рисунок 8).

РИСУНОК 8

#### Принцип определения времени повторения пачек импульсов



Report SM.2155-08

На рисунке 8 показаны сигналы от двух источников, излучающих цепочки импульсов с определенной частотой повторения. Красный (сплошная линия) сигнал имеет время повторения  $t_1$  и  $t_2$ . Причина, по которой в итоговом отчете указаны оба периода повторения, заключается в стандартных условиях работы цифровой службы радиосвязи: она чувствительна только к импульсному шуму с определенной частотой повторения импульсов, который обычно совпадает с частотой передачи кадров. Если длительность кадров равна  $t_2$ , то система испытывает помехи, так как внутри кадра испытывают помехи одни и те же биты. Наличие этого времени ( $t_2$ ) должно быть показано в результатах IN (см. рисунок 31).

Зеленая (пунктирная) линия на рис. 8 является сигналом от второго источника, имеющего другую частоту повторения. В результате вычисления всех комбинаций для этого измерения получим 8 разных периодов повторения.

Общее время пачки импульсов примерно равно количеству импульсов или пачек импульсов, переданных в течение всего дня. Оно вычисляется при помощи деления количества отсчетов измерения, относящихся к пачкам импульсов, включая отсчеты внутри пачек импульсов, которые находятся ниже порога, на общее количество отсчетов во всей записи.

#### 6.2.4 Сравнение местоположения измерения и эталона

Как упоминалось ранее, из отсчетов MMN можно до определенной степени убрать полученные через ионосферу шумы, в частности атмосферный шум типа грозových разрядов. Это импульсы и пачки импульсов, принимаемые в обоих местах одновременно. MMN от местных источников не будет приниматься в том месте, которое находится на расстоянии многих километров.

Условия распространения и приема радиоволн могут быть разными в местах проведения измерения и размещения эталона. Поэтому для определения сигнала, который принимается в обоих местах, недостаточно рассчитать только уровень сигнала. Напротив, алгоритм идентификации должен отслеживать одновременное внезапное усиление и/или уменьшение принимаемого сигнала, что позволит применить определенный допуск в показателях уровня и времени.

Требования к точности в синхронизации времени в 100 мс между обоими местами и рекомендованным временем качания в 1 с означают, что во времени качания следует иметь как минимум 900 мс совпадения. Первым этапом вычислений должно быть определение точного сдвига между местоположением измерения и эталоном. Как описывается в Рекомендации МСЭ-R SM.1753, это осуществляется при помощи корреляции. В приведенном далее тексте, проиллюстрированном на рисунке 9, описывается практический способ вычислений:

*Этап 1:* Вычислите медианный уровень качания в местоположениях эталона и измерения. Вне зависимости от общего полученного уровня, 50% всех отсчетов в обоих местах находятся выше и 50% ниже медианного уровня.

*Этап 2:* Каждому отсчету качания, который выше медианного уровня, присваивается индекс автокорреляции +1. Значение -1 присваивается каждому отсчету ниже медианного. Сумма всех этих присвоений для каждого сканирования должна быть равна 0.

*Этап 3:* Теперь при сканировании сравниваются только присвоенные индексы корреляции в местоположении измерения и эталона. Если оба индекса корреляции равны, результирующий индекс кросс-корреляции будет иметь значение +1, если не равны, то -1 (логическая функция "исключающее ИЛИ"). Сумма всех этих результатов является значением кросс-корреляции.

*Этап 4:* Теперь сканирование в месте измерения сдвигается по времени на один отсчет, и снова вычисляется значение кросс-корреляции. Этот процесс повторяется для всех возможных временных сдвигов в пределах времени наложения в 900 мс. Отступ по времени, где получено самое высокое значение кросс-корреляции, фиксируется, так как предполагается, что в этот момент получена точная синхронизация двух сканирований.

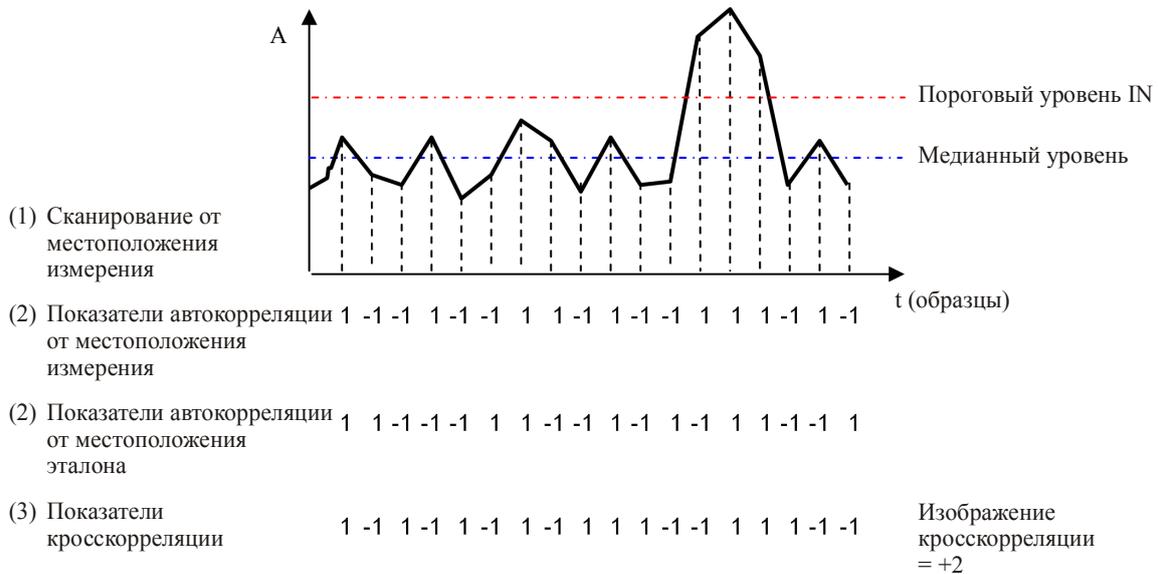
*Этап 5:* Определяется начальный и конечный отсчет первой пачки импульсов в месте измерения (в примере на рисунке 9 начальным будет отсчет 13, а конечным – отсчет 16). Затем также определяется, обнаруживается ли более 50% длительности пачки импульсов и в местоположении эталона. Если это так, то считается, что эта пачка импульсов принята через ионосферу, и она отбрасывается. В противном случае считается, что пачка импульсов имеет местное (промышленное) происхождение и сохраняется.

В примере на рисунке 9, пачка импульсов имеет длину в 4 импульса и начинается с отсчета 13. Таким образом, если в эталонном месте наблюдается, что как минимум, 3 отсчета (> 50%) между позицией 13 и 16 превышают порог, эта пачка импульсов отбрасывается и более в процессе вычислений не рассматривается.

Этап 5 повторяется для каждой пачки импульсов в сканировании. Затем, для всех оставшихся в записи сканирований повторяются этапы с 1 по 5.

РИСУНОК 9

## Корреляция между местоположением измерения и эталона



Report SM.2155-09

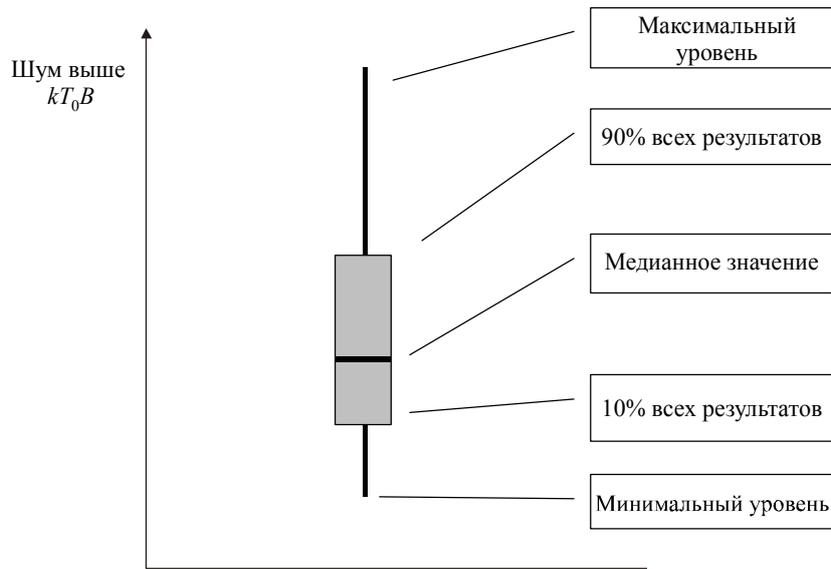
## 7 Представление результатов

## 7.1 WGN

Как упоминалось ранее, значения WGN в диапазоне частот ВЧ для различных условий распространения будут зависеть от времени суток. Поэтому рекомендуется усреднять уровни WGN в течение 1 часа и представить показатели в течение 24 часов для  $F_a$  (дБ выше  $kTb$ ).

Однако показатели WGN в одном местоположении также будут различаться изо дня в день, а измерения, выполненные в разных местах, даже имеющих одну и ту же категорию, также будут существенно различаться. Таким образом, показатели WGN имеют практическое значение только, когда они усредняются по множеству измерений, выполненных в разных местоположениях и в разные дни. Для того чтобы привести не только среднее или медианное значения WGN, но также предоставить некоторую информацию о возможном его распределении, рекомендуемым способом представления результатов является так называемая, коробчатая диаграмма. Коробчатая диаграмма показывает вместе максимальное значение, минимальное значение, значение верхних децилей, значение нижних децилей и медианное значение (см. рисунок 10).

РИСУНОК 10  
 Принцип коробчатой диаграммы



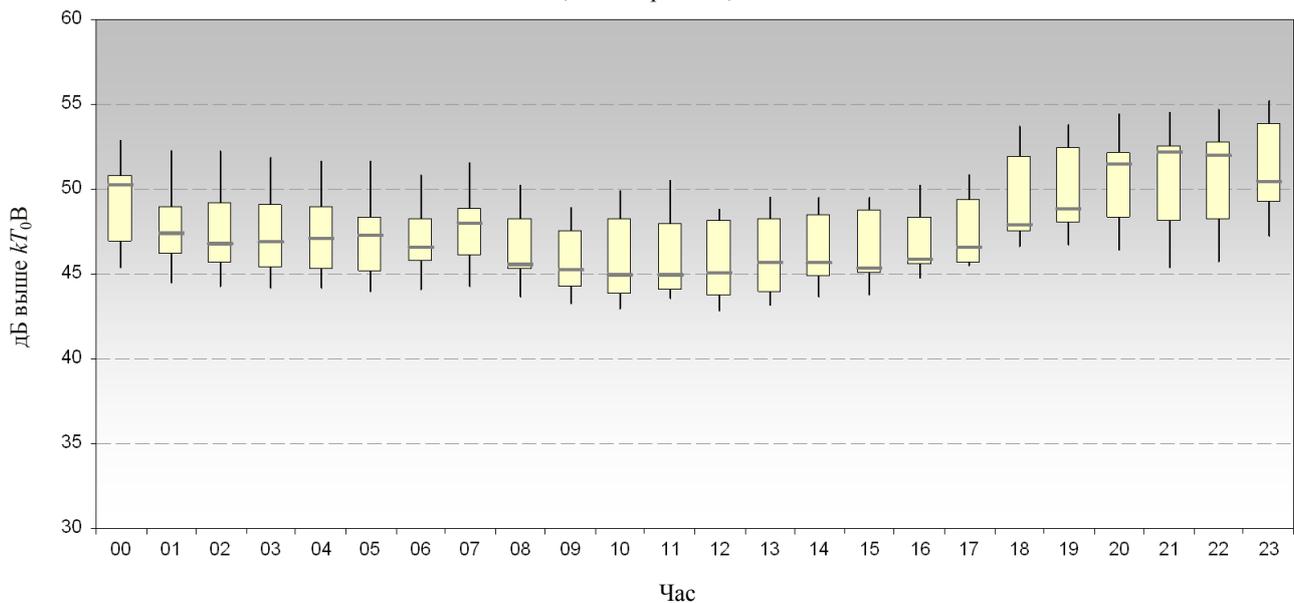
Report SM.2155-10

Следует обратить внимание на то, чтобы не смешивать в одной коробчатой диаграмме измерения, сделанные для различных категорий местоположений, например, городской застройки и жилых районов.

Кроме того, поскольку общий уровень MMN зависит от частоты, в коробчатой диаграмме могут объединяться только результаты, полученные в одном диапазоне частот.

РИСУНОК 11  
 Пример типовой коробчатой диаграммы

WGN, жилые районы, 5 МГц



Report SM.2155-11

Для того чтобы создать крепкую основу для возможного пересмотра значений WGN, приведенных в Рекомендации МСЭ-R P.372, МСЭ был создан и представлен по адресу <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=study-groups&rlink=rsg3&lang=en> банк данных по результатам измерения радишума. Администрациям, проводящим измерения MMN в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.1753 и/или данным отчетом, предлагается представить свои результаты для включения их в банк данных. Информация о требуемом формате данных содержится в Рекомендации МСЭ-R P.311.

## 7.2 IN

В реальных условиях измерения, выполненные в течение 24 ч, будут включать множество импульсов/пачек импульсов из разных источников, охватывающих широкий диапазон значений для трех основных параметров - уровень, длительность и частота повторения. Это приводит к необходимости представления результатов в виде статистических распределений, а не в виде единственного среднего значения для каждого параметра.

После сравнения результатов, полученных в местоположениях измерения и эталона, рассматривается только IN, полученный от соседних источников. Так как эти источники не зависят от условий распространения радиоволн, то нет необходимости разделять показатели для каждого часа суток. Наоборот, можно обобщить все значения, полученные за 24 ч.

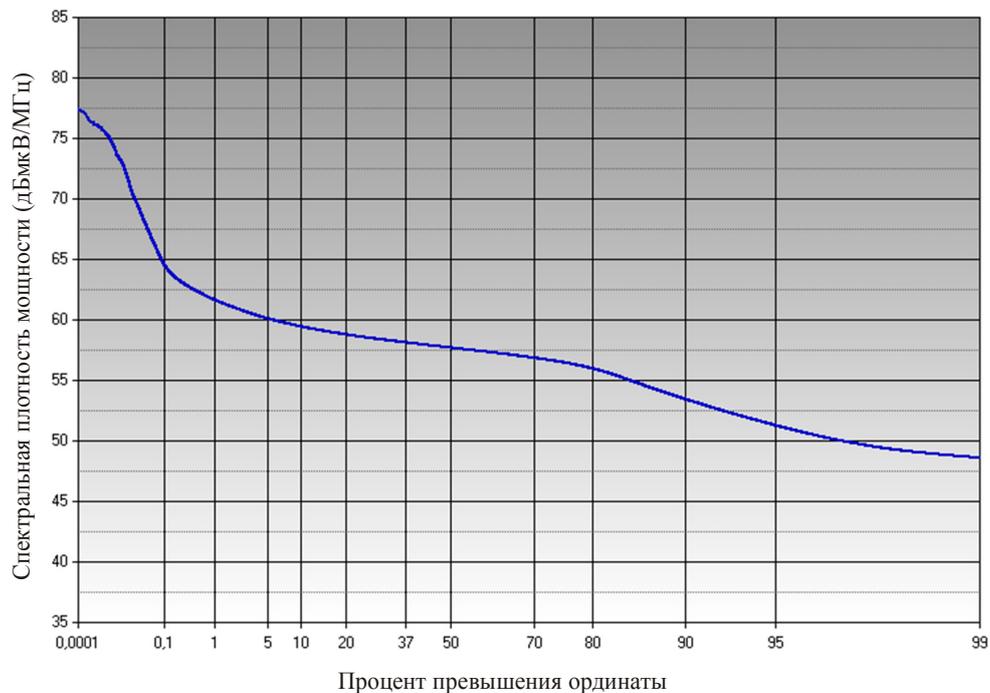
Для того чтобы представить некоторую информацию о том, как часто появляется импульсный шум, рекомендуется в каждом графике указывать относительное время пачки импульсов, оно равно относительному числу отсчетов IN в процентах (см. внизу на рисунке 13).

### 7.2.1 Уровень пачки импульсов

Средние уровни и спектральные плотности пачек импульсов, рассчитанные в соответствии с п. 6.2.3, можно представить в виде зависимости суммарной вероятности от спектральной плотности. Пример приведен на рисунке 12. Значение на оси у показывает, сколько процентов всех пачек импульсов достигает или превышает определенную спектральную плотность.

РИСУНОК 12

Пример распределения уровня пачки импульсов

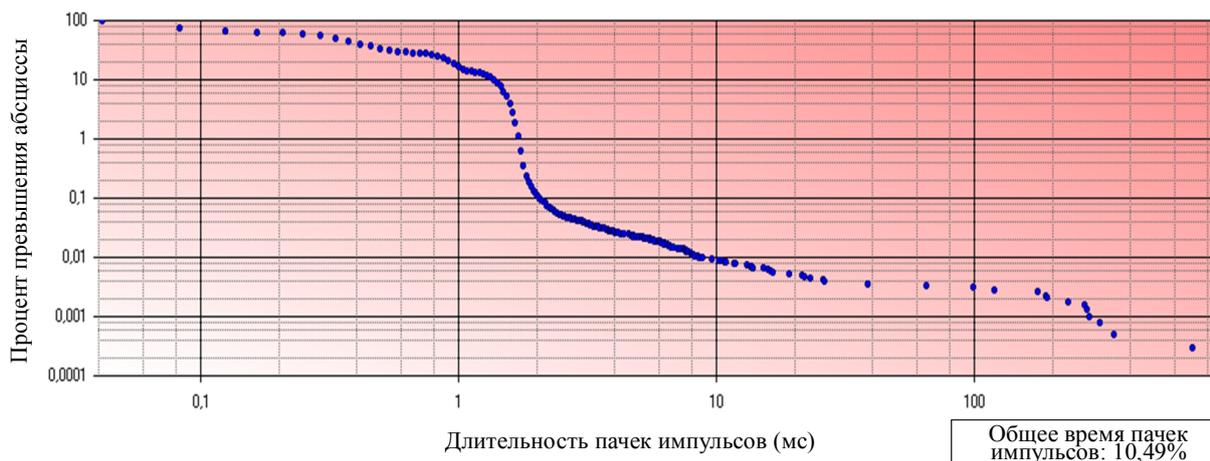


### 7.2.2 Длительность пачек импульсов

Длительность пачек импульсов, рассчитанная в соответствии с п. 6.2.3, может быть представлена как зависимость суммарной вероятности от времени (длины). Значение на оси y показывает, сколько процентов всех пачек импульсов достигает или превышает длину, отложенную по оси x. Из практических соображений рекомендуется откладывать значения на обеих осях в логарифмическом масштабе. Пример приведен на рисунке 13.

РИСУНОК 13

Пример распределения длительности пачек импульсов



Report SM.2155-13

### 7.2.3 Время повторения пачек импульсов

Частоты повторения пачек импульсов, вычисленные в соответствии с п. 6.2.3, могут быть представлены, как зависимость вероятности от частоты. Значение на оси y показывает, сколько процентов всех возможных комбинаций пачек импульсов имеют время повторения, отложенное на оси x.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1.** – Простой подсчет случаев появления определенного интервала между импульсами не может использоваться в качестве основы для графика: при времени снятия измерений, скажем, 1с, может быть 500 коротких пачек импульсов с интервалом 1 мс и, соответственно, частотой повторения пачек импульсов 500 Гц. В то же время может быть 2 пачки импульсов от другого источника, имеющих интервал 500 мс, который соответствует частоте повторения пачек импульсов 2 Гц. Было бы неправильно считать, что быстрых импульсов в 500 раз больше, чем медленных, так как это создаст впечатление, что пачки импульсов с частотой повторения 500 Гц в 500 раз вероятнее, чем пачки импульсов с частотой повторения 2 Гц. Для того чтобы устранить этот эффект, перед тем как построить график вероятностей необходимо выполнить взвешивание числа отсчетов с определенным интервалом. Это выполняется путем деления числа отсчетов на максимально возможное число появлений этого интервала за время снятия измерений.

*Пример:* Время снятия измерений, в течение которого были взяты 10 000 отсчетов, составляет 1 с. Время между двумя отсчетами равно 100 мкс. Мы учитываем 1500 пачек импульсов с интервалом 300 мкс (3 отсчета между пачками импульсов) и 2 пачки импульсов с интервалом 500 мс (5000 отсчетов между пачками импульсов). Если первый источник со временем повторения 300 мкс присутствовал постоянно, мы будем учитывать 3333 пачки импульсов за каждое снятие измерений. Значение на графике распределения частот повторения пачек импульсов рассчитывается следующим образом:

Для времени повторения 300 мкс:  $A = 1500 \text{ пачек импульсов} / 3333 \text{ пачки импульсов} = 45\%$ .

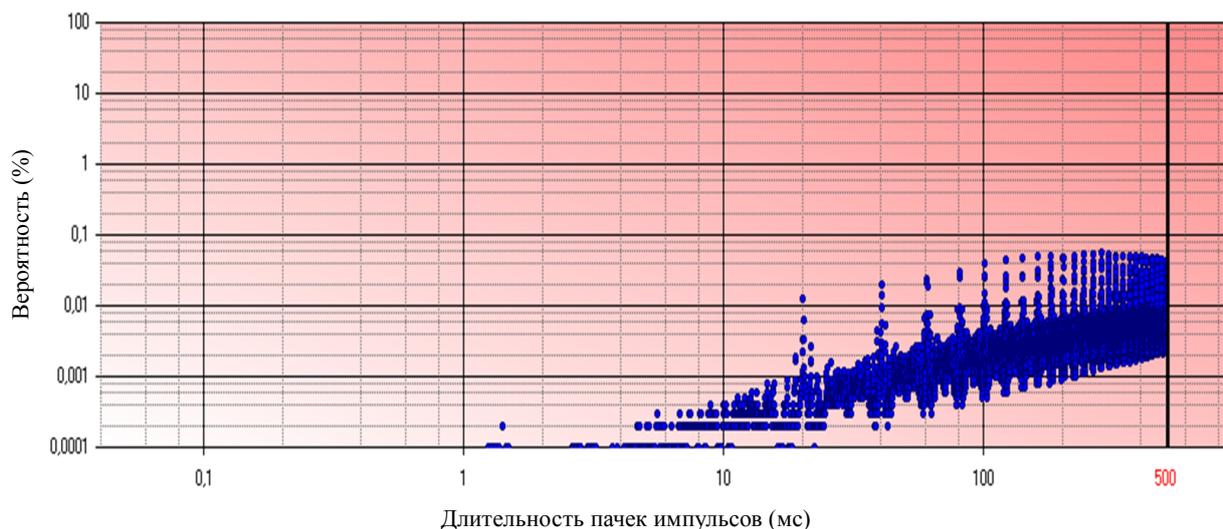
Для времени повторения 500 мс:  $B = 2 \text{ пачки импульсов} / 2 \text{ пачки импульсов} = 100\%$ .

Такие расчеты сделаны для всех интервалов времени повторения пачек импульсов. Общее число всех различных интервалов времени, например для 25, в результате соответствует 100%. Тогда вероятность (= значению на оси y) для времени повторения 300 мкс равна  $45\%/25 = 1,8\%$ , а для 500 мс равна  $100\%/25 = 4\%$ .

Пример распределения времени повторения пачек импульсов приведен на рисунке 14.

РИСУНОК 14

Пример распределения времени повторения пачек импульсов



Report SM.2155-14

Правый конец оси x определяется временем снятия измерений 1 с, которое в результате приводит к обнаружению самого медленного времени повторения 500 мс. Пример на рисунке 14 показывает основной источник импульсного шума со временем повторения 20 мс. Благодаря принципу, описанному в п. 6.2.3, также существуют множественные пики 20 мс (40, 60, 80 мс ...).

#### 7.2.4 Общее время пачек импульсов

Все статистические диаграммы содержали до сих пор только относительные вероятности параметров IN. В примере на рисунке 13 0,1% всех пачек импульсов имеют длительность более 40 мс. Однако таких импульсов в час может быть и 100, и несколько миллионов. Таким образом, другим интересным параметром является то, какая часть общего времени измерений занимал IN. Общее время всех импульсов или пачек импульсов по отношению к общему времени наблюдения можно представить в виде одной цифры (%) и лучше всего поместить его рядом с любым временным графиком. В примере на рисунке 13 10,49% всех измеренных отсчетов были импульсами или пачками импульсов (см. вставку в правом нижнем углу).

## 8 Измерения MMN в Германии

Начиная с 2007 года, масштабные кампании по измерению MMN в диапазоне ВЧ проводились в различных местах Германии. Результаты WGN были опубликованы в банке данных МСЭ по радиошумам.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Поскольку коэффициент усиления антенны используемой измерительной системы до сих пор не определен, результаты, представленные в данной версии Отчета, должны рассматриваться как предварительные. Оценка погрешности измерений из-за этого обстоятельства составляет  $\pm 5$  дБ.

### 8.1 Характеристики измерительного оборудования

При измерениях использовалось следующее оборудование:

ТАБЛИЦА 2

#### Измерительное оборудование, использованное в Германии

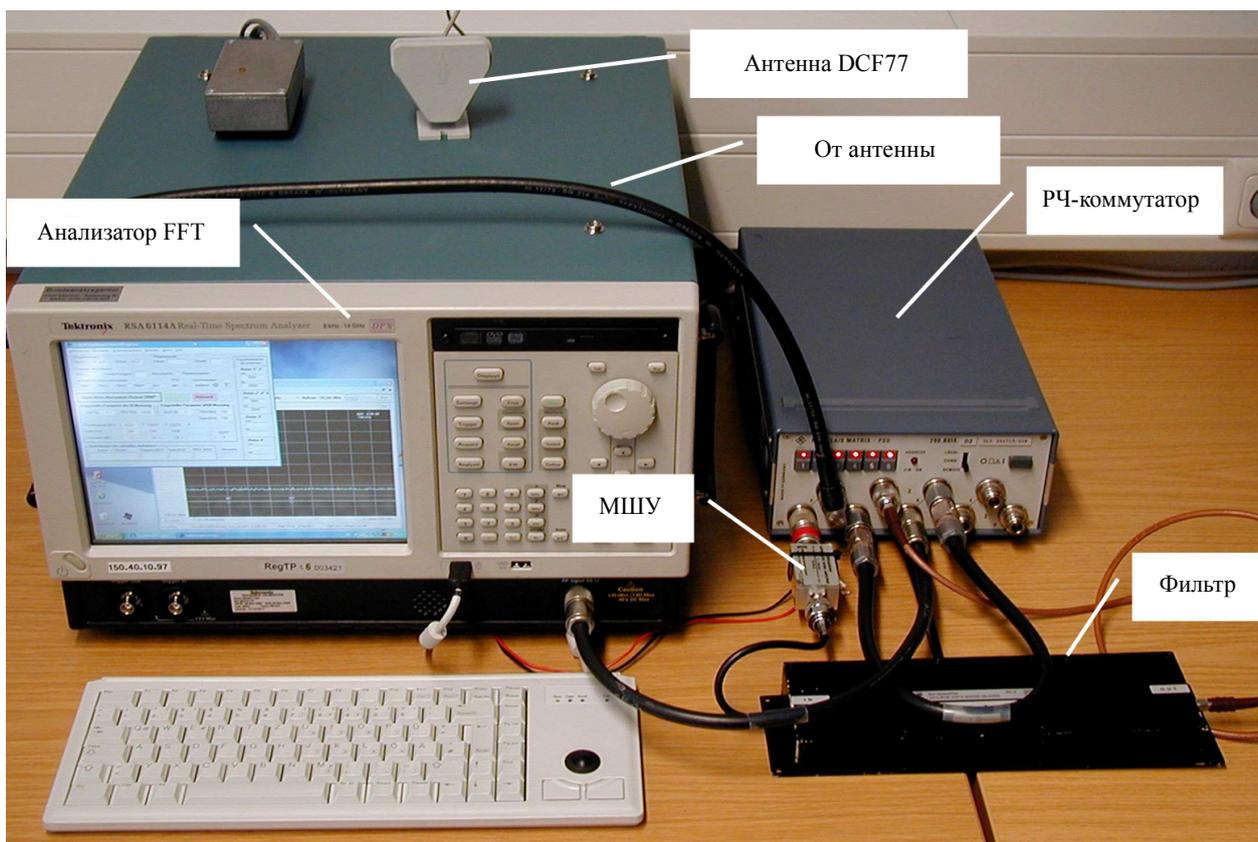
Часть оборудования	Важные характеристики, замечания
Пассивная ВЧ-антенна	Вертикальный диполь Длина: 5 м Высота над землей: 8–10 м (центр) Коэффициент усиления антенны на частоте 5 МГц: 22 дБ Коэффициент усиления антенны на частоте 12 МГц: 28 дБ Коэффициент усиления антенны на частоте 20 МГц: 15 дБ
Полосовой ВЧ-фильтр	Специальная разработка по требованию заказчика Подавление $\geq 22$ дБ в полосах 9–5060 кГц, 5 600–12 100 кГц, 13 570–19 020 кГц, 21 540–30 000 кГц Затухание в полосе пропускания $\leq 2,5$ дБ 3 полосы пропускания: 5 210–5 470 кГц, 12 410–13 240 кГц, 19 490–21 070 кГц
Малозащумный усилитель	Полоса частот: 5–1 500 МГц Усиление: 20 дБ Коэффициент шума: 1,2 дБ
Измерительный приемник	Анализатор БПФ Частота дискретизации: $2 \times 24$ кГц (I/Q) Время снятия измерений: 1 с Встроенный компьютер с управляющим ПО Объем хранения внутренних данных I/Q RBW: 100 Гц (WGN), 20 кГц (IN)
ПО управления и анализа	Собственная разработка (Visual Basic, Excel)
Временная синхронизация	Модуль DCF77, подключенный к анализатору через RS232
РЧ коммутатор	2 шины данных IEC цепей управляемой коммутации

Измерительное оборудование установлено на измерительном транспортном средстве. Антенна установлена на встроенной выдвижной мачте. В большинстве случаев подводится внешнее питание 220 В. Для удаленных районов два измерительных транспортных средства были оснащены аккумулятором емкостью 1260 А/ч и преобразователем синусоидального постоянного тока в переменный, который позволяет оборудованию функционировать 24 часа без внешнего источника питания.

Если нет внешней антенны DCF77, то для обхода фильтра может использоваться РЧ-коммутатор, показанный на рисунке 15. В этих случаях программное обеспечение также поддерживает непосредственный прием, а оценка сигнала DCF77 осуществляется с помощью анализатора БПФ, использующего измерительную антенну. В данном режиме измерения фактического шума приостанавливаются каждые несколько минут, анализатор устанавливается на частоту 77 кГц в течение некоторого времени и для определения точного времени с помощью программного обеспечения оценивается телеграмма данных, переданная DCF77. Начиная с 77 кГц, за пределами одного из полосовых фильтров, фильтр должен быть обойден во время этих фаз синхронизации времени.

РИСУНОК 15

Установка оборудования для измерения ВЧ ММН

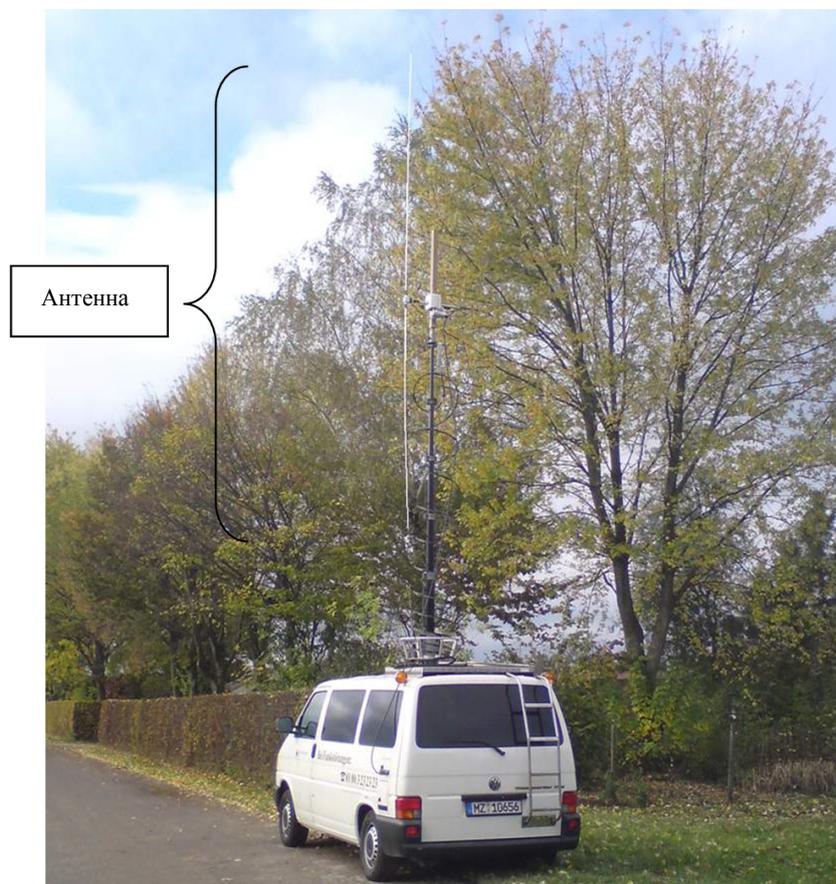


Report SM.2155-15

Если включена система с внешней антенной DCF77, то РЧ-коммутатор не требуется.

РИСУНОК 16

## Транспортное средство для измерений ВЧ MMN



Report SM.2155-16

## 8.2 Процедура измерения

Измерения проводились в следующих трех диапазонах частот:

ТАБЛИЦА 3

## Измеренные диапазоны частот

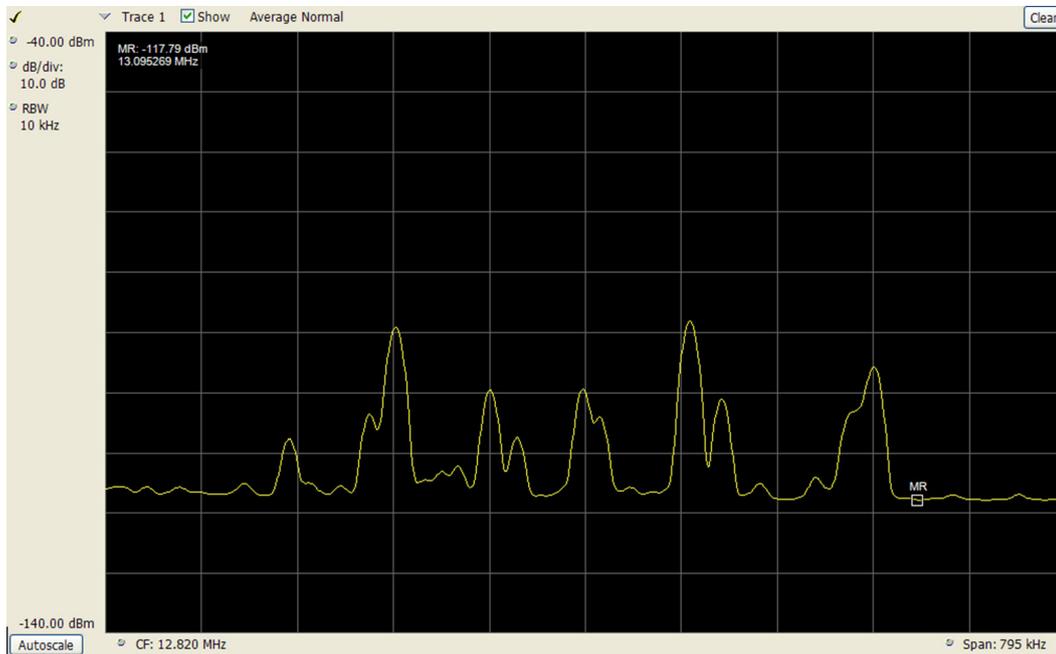
Диапазон (МГц)	Центральная частота (кГц)	Интервал (кГц)
5	5 331	288
12	12 820	795
20	20 220	1 430

Для каждого вышеуказанного диапазона частот следующие измерения проводились в автоматическом режиме и далее повторялись в течение 24 ч:

- 1 Предварительный прогон для определения частоты с наименьшим уровнем MMN.  
Установки:  
Центральная частота: из таблицы 3;  
Интервал: из таблицы 3, RBW: 10 кГц;  
Время снятия измерений и интеграции: 1 с;  
Детектор: RMS.

Пример показан на рисунке 17. Маркер обозначает частоту с самым низким уровнем (или около него), на котором продолжаются измерения.

РИСУНОК 17

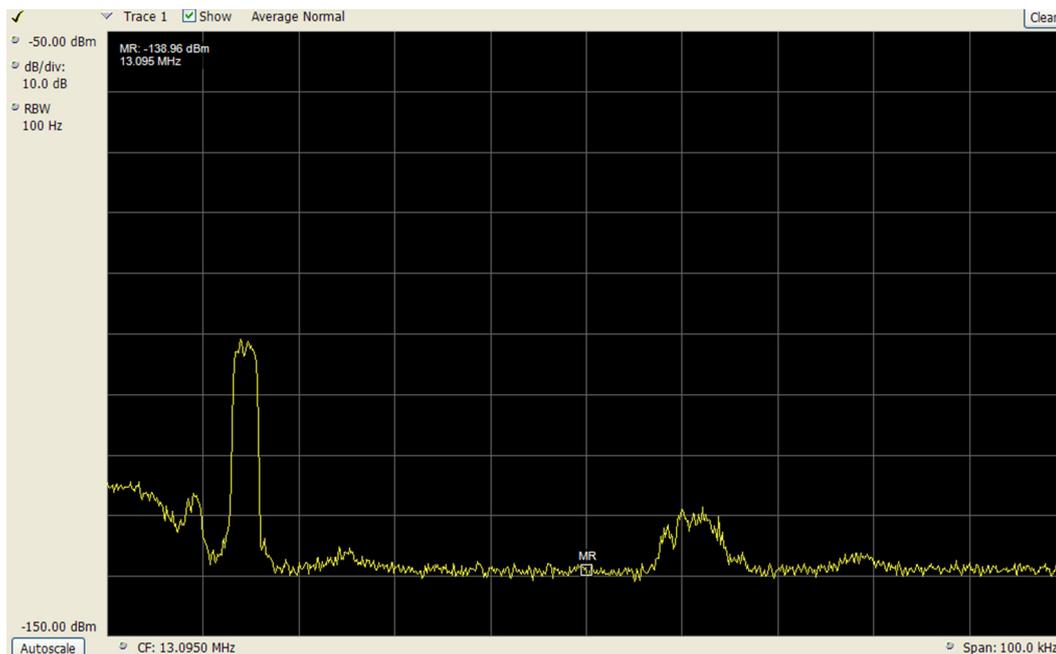
**Предварительный запуск для определения подходящей частоты измерения**

Report SM.2155-17

- 2 Проведение измерений WGN. Установки:  
Центральная частота: частота с наименьшим уровнем относительно предварительно установленной;  
Интервал: 100 кГц;  
RBW: 100 Гц;  
Время снятия измерений и интеграции: 1 с;  
Детектор: RMS.  
Пример показан на рисунке 18.

РИСУНОК 18

## Проведение измерений WGN для определения RMS MMN

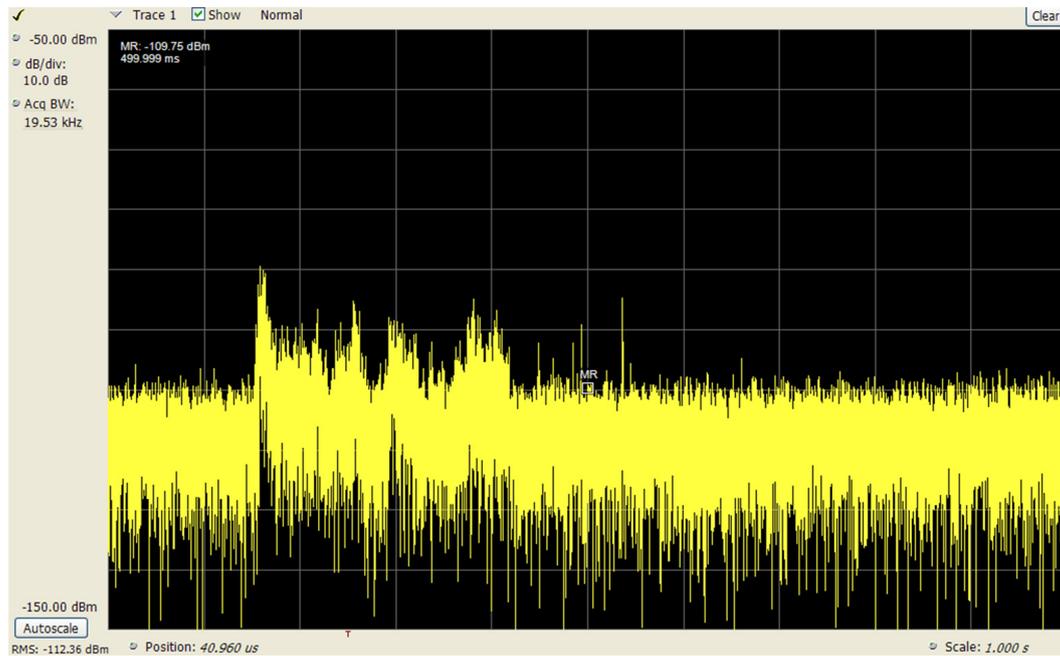


Report SM.2155-18

- 3 Проведение измерений IN. Установки:  
Центральная частота: частота с наименьшим уровнем относительно предварительно установленной;  
Интервал: нулевой интервал (амплитуда/время);  
RBW: 20 кГц;  
Время снятия измерений: 1 с;  
Детектор: образец.  
Пример, содержащий несколько пачек импульсов, показан на рисунке 19.

РИСУНОК 19

## Проведение изменений IN (амплитуда/время)



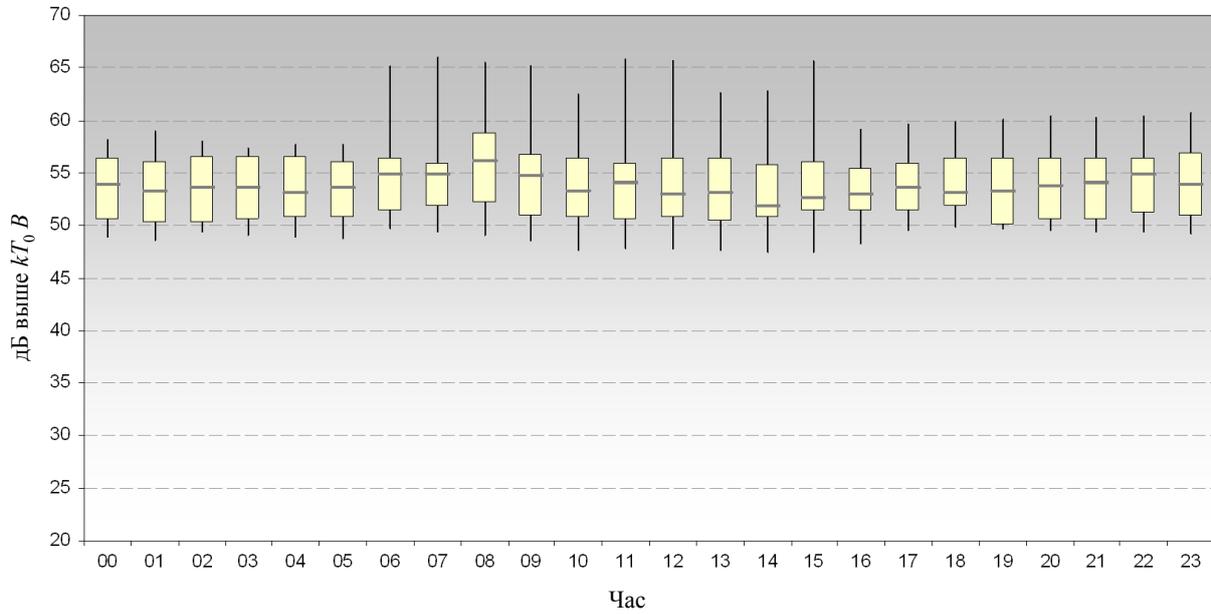
Report SM.2155-19

Синхронизация времени устанавливается примерно каждые 7 минут путем декодирования сигнала DCF77 через модуль внешнего интерфейса, и сравнивается с текущими системными часами компьютера. Разница во времени хранится в качестве "отклонения" и используется, соответственно, для синхронизации последующих измерений. Достигнутая точность в синхронизации между местоположением измерения и эталоном лучше, чем 100 мс.

### 8.3 Результаты измерений

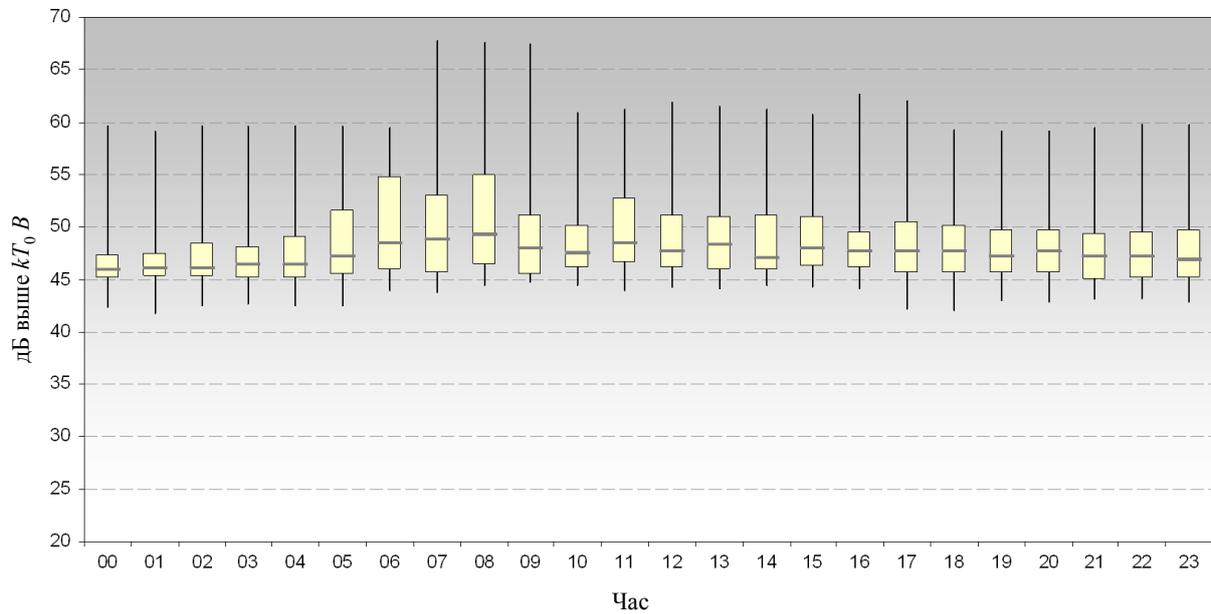
До 2009 года измерения проводились в более чем в 100 местоположениях на территории Германии. Следующие коробчатые диаграммы обобщают результаты WGN, полученные к настоящему времени для каждой категории местоположения.

РИСУНОК 20  
**WGN, городская застройка, 5 МГц (коробчатая диаграмма)**



Report SM.2155-20

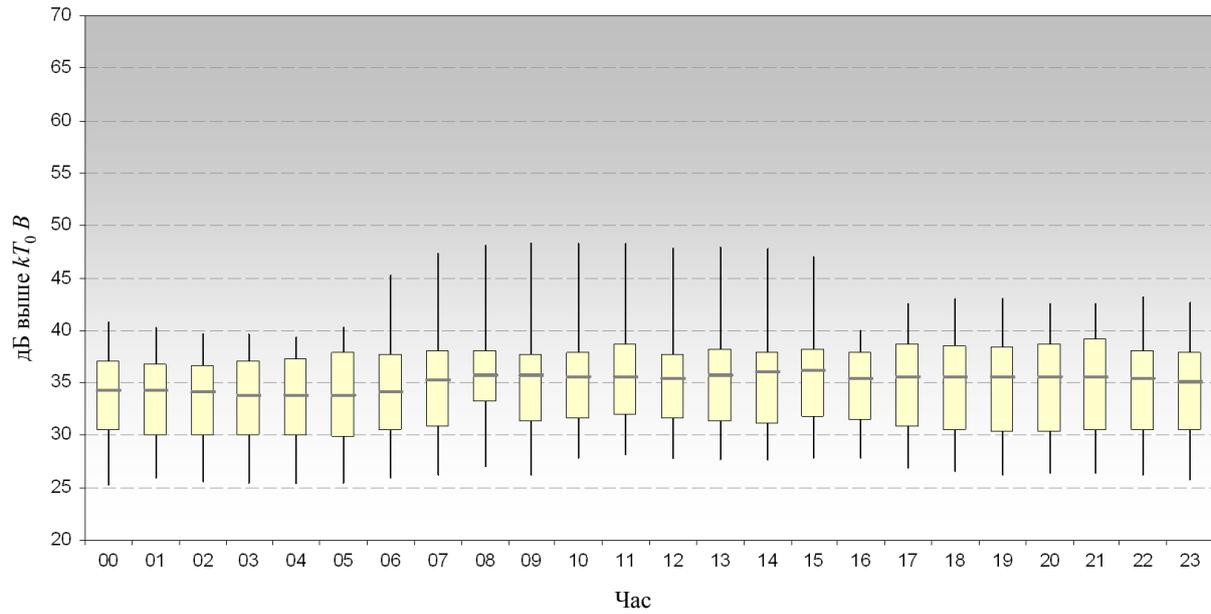
РИСУНОК 21  
**WGN, городская застройка, 12 МГц (коробчатая диаграмма)**



Report SM.2155-21

РИСУНОК 22

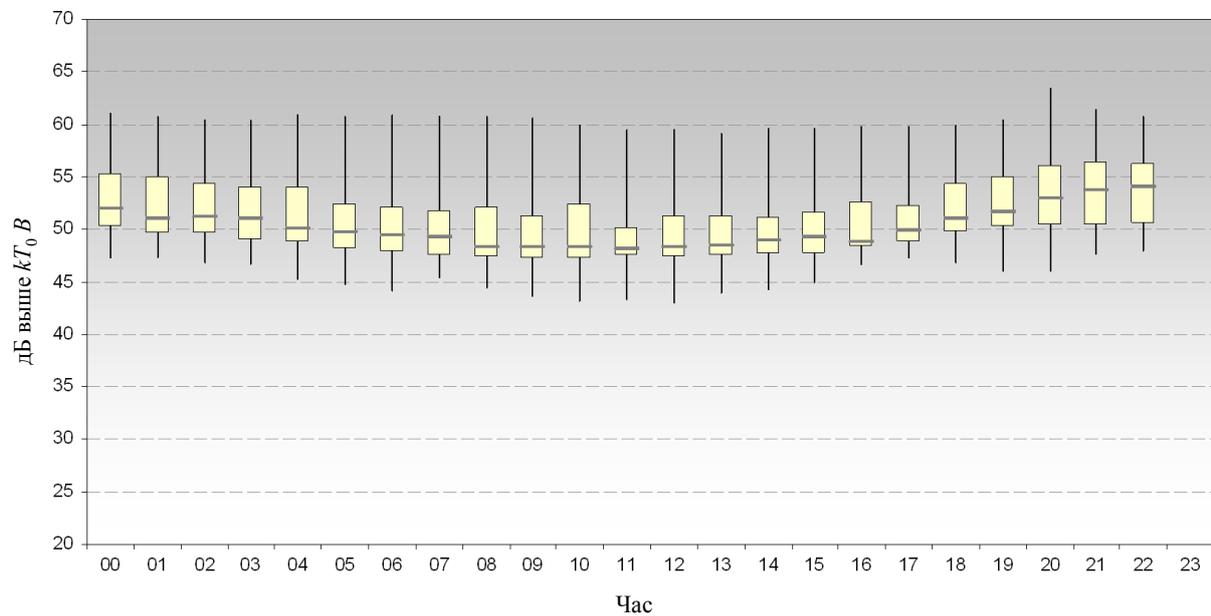
WGN, городская застройка, 20 МГц (коробчатая диаграмма)



Report SM.2155-22

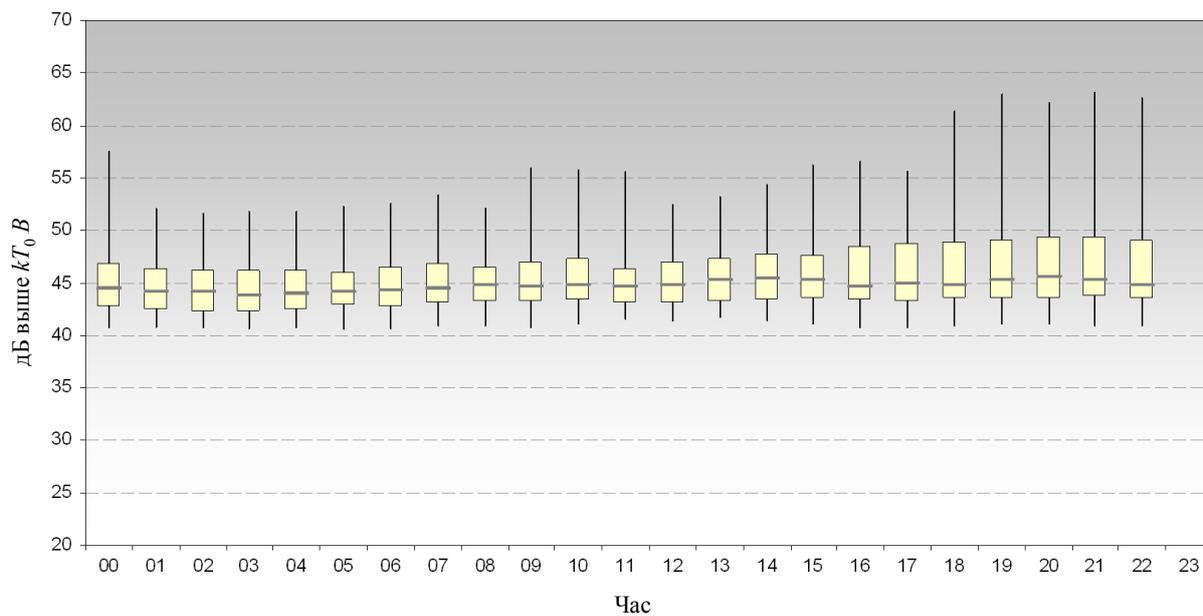
РИСУНОК 23

WGN, жилые районы, 5 МГц (коробчатая диаграмма)



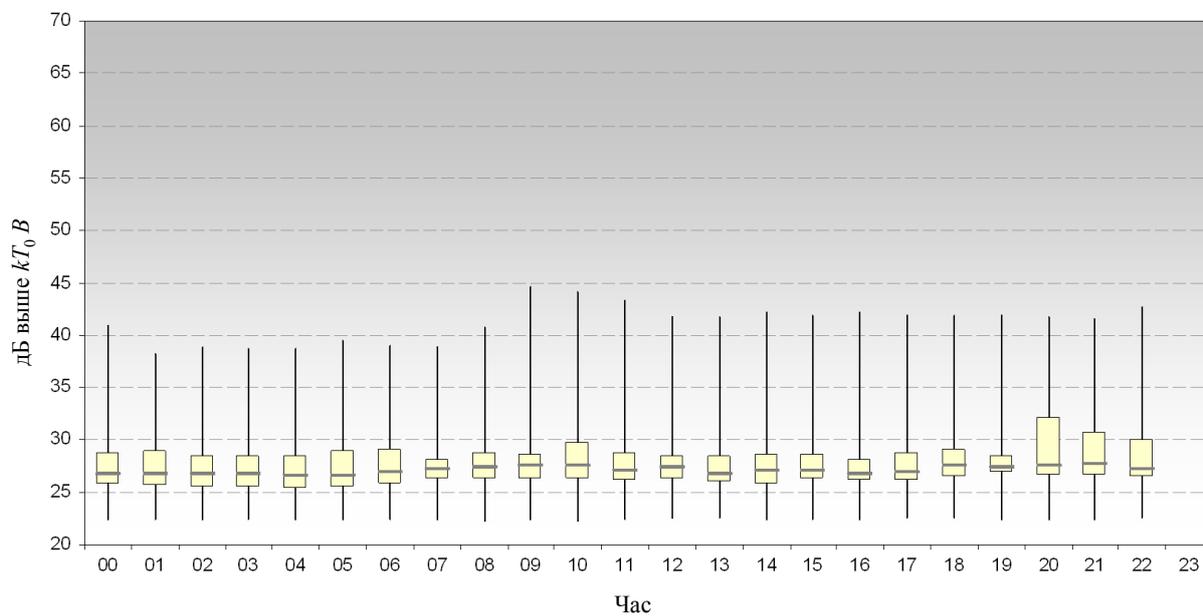
Report SM.2155-23

РИСУНОК 24  
**WGN, жилые районы, 12 МГц (коробчатая диаграмма)**



Report SM.2155-24

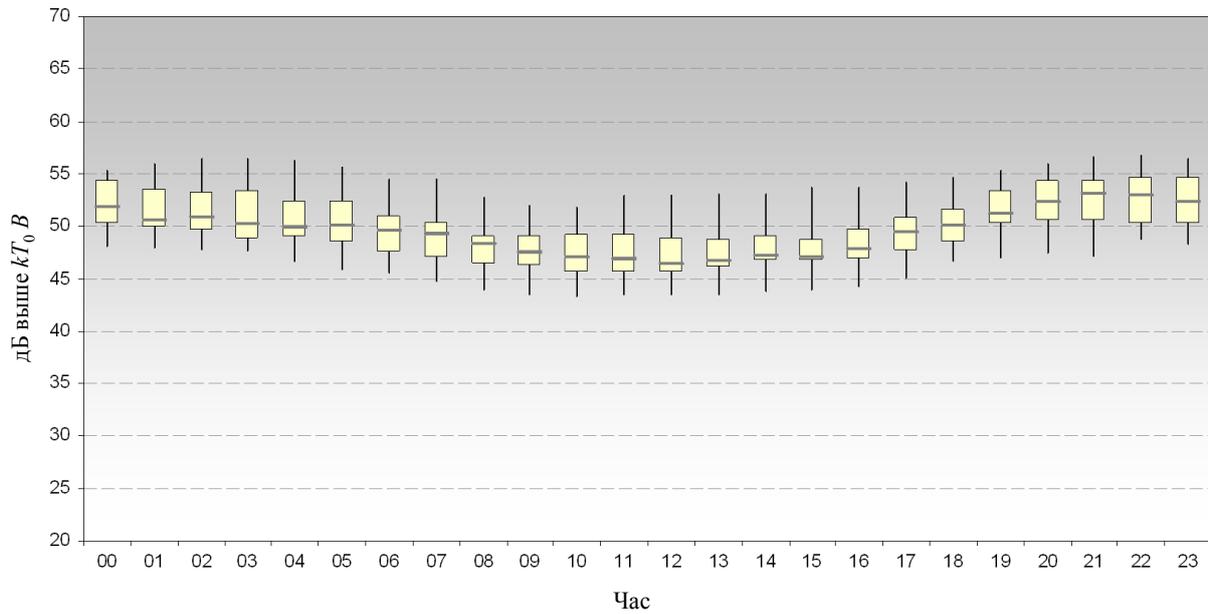
РИСУНОК 25  
**WGN, жилые районы, 20 МГц (коробчатая диаграмма)**



Report SM.2155-25

РИСУНОК 26

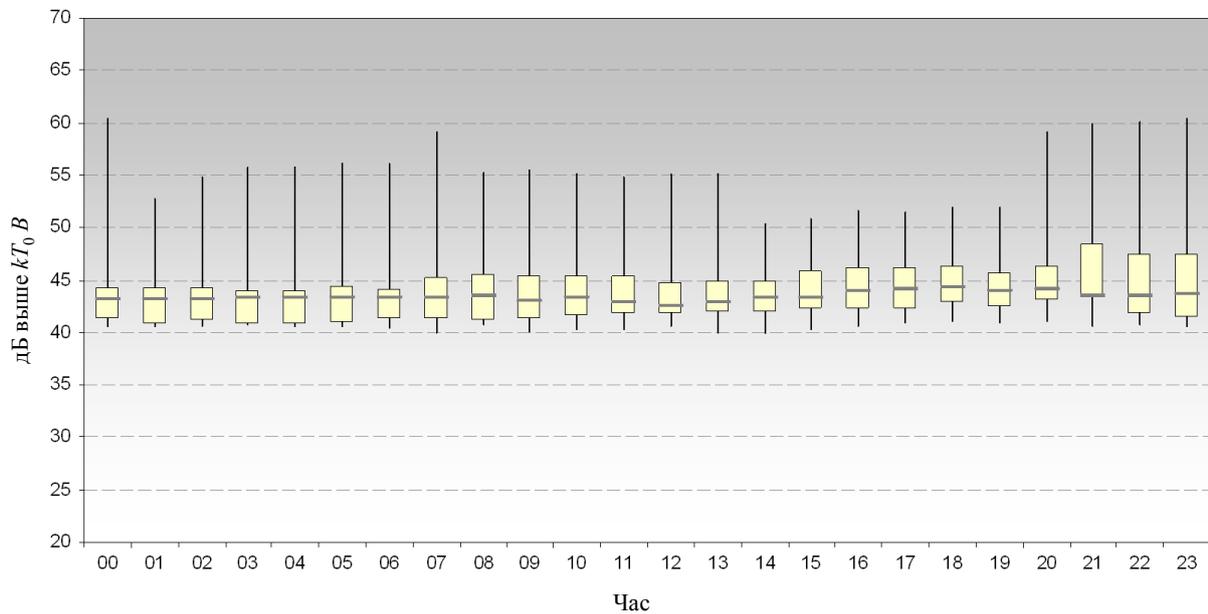
WGN, сельская местность, 5 МГц (коробчатая диаграмма)



Report SM.2155-26

РИСУНОК 27

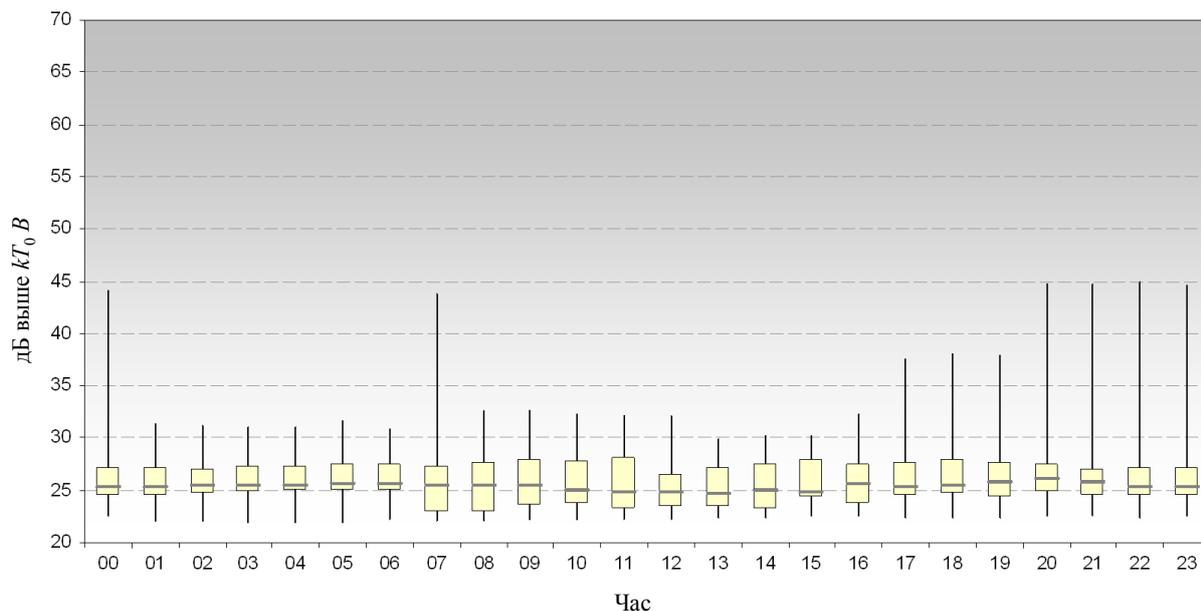
WGN, сельская местность, 12 МГц (коробчатая диаграмма)



Report SM.2155-27

РИСУНОК 28

WGN, сельская местность, 20 МГц (коробчатая диаграмма)



Report SM.2155-28

Оценка результатов измерений показывает, что значения WGN в большинстве случаев ниже, чем имеющиеся показатели, приведенные в Рекомендации МСЭ-R P.372. В таблице 4 сравниваются средние результаты, собранные за весь день, полученные из измерений, проведенных в Германии со значениями из Рекомендации МСЭ-R P. 372.

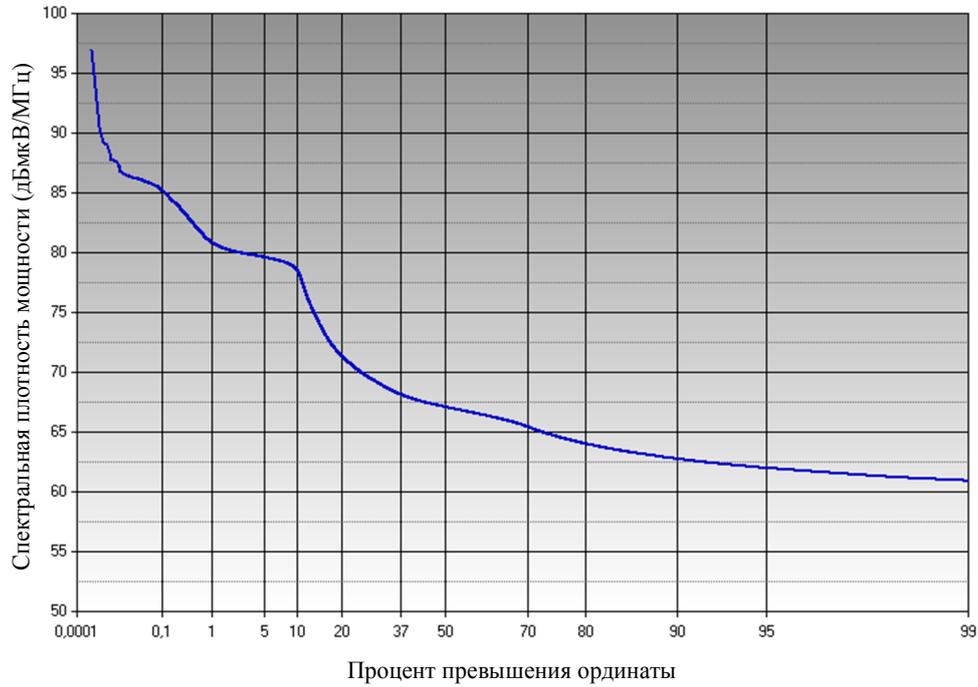
ТАБЛИЦА 4

Сравнение измерений WGN, сделанных в Германии (GER) с измерениями, приведенными в Рекомендации МСЭ-R P.372

Частота (МГц)	Городская застройка		Жилые районы		Сельская местность	
	P.372	Измерения GER (макс./сред./мин.)	P.372	Измерения GER (макс./сред./мин.)	P.372	Измерения GER (макс./сред./мин.)
5	56,5 дБ	59,6 / <b>53,6</b> / 49,6 дБ	52,2 дБ	60,5 / <b>49,9</b> / 45,7 дБ	46,9 дБ	54,3 / <b>49,5</b> / 45,8 дБ
12	46,1 дБ	59,5 / <b>47,2</b> / 43,2 дБ	41,8 дБ	52,8 / <b>44,7</b> / 41,0 дБ	36,5 дБ	55,2 / <b>43,4</b> / 41,0 дБ
20	40,5 дБ	40,2 / <b>35,2</b> / 26,3 дБ	36,2 дБ	40,8 / <b>27,1</b> / 22,5 дБ	30,9 дБ	31,3 / <b>25,3</b> / 22,6 дБ

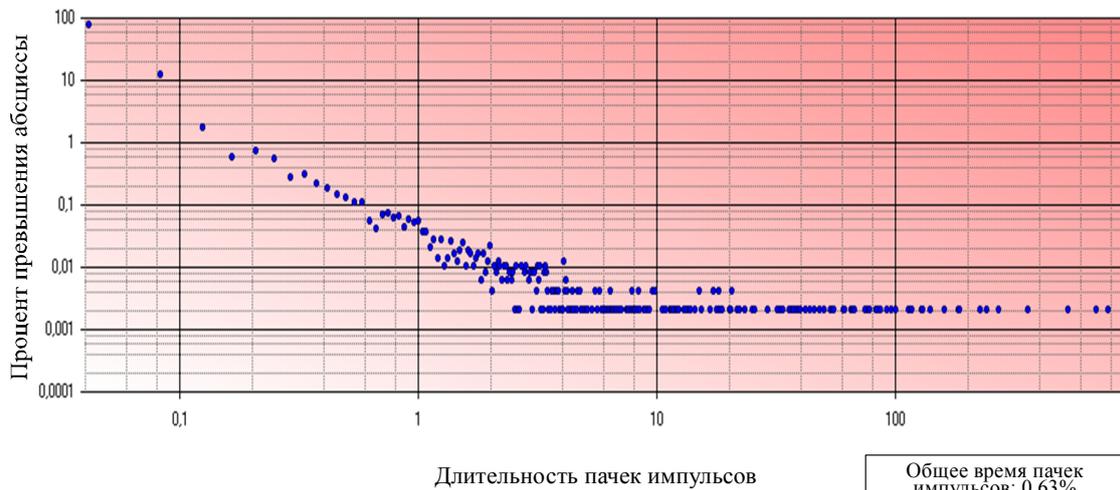
На следующих графиках показаны несколько примеров оценки IN.

РИСУНОК 29  
Типовое распределение уровня IN



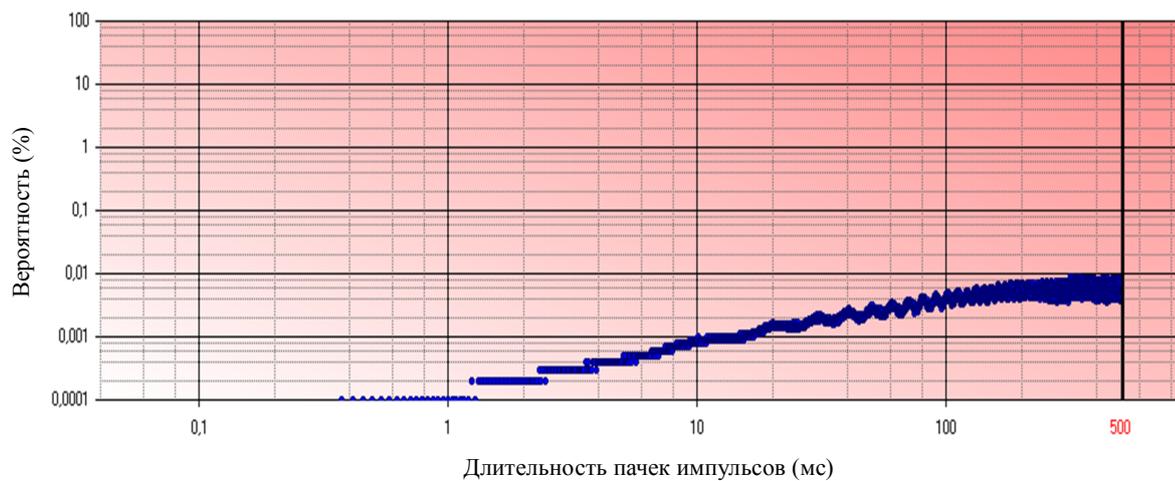
Report SM.2155-29

РИСУНОК 30  
Типовое распределение длины импульса IN



Report SM.2155-30

РИСУНОК 31  
Типовое распределение повторения импульса IN



Report SM.2155-31

Немецкая кампания планирует продолжить в течение нескольких лет проведение измерений MMN, при этом результаты WGN будут постоянно предоставляться в банк данных радишума МСЭ.