

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1793

**Измерение занятости частотного канала с помощью метода,  
предназначенного для измерения полосы частот**

(2007)

**Сфера применения**

Измерения занятости частотного канала должны осуществляться с определенным уровнем точности. В некоторых случаях существует возможность достижения данного уровня точности с помощью метода, предназначенного для измерения полосы частот, при удовлетворении определенных требований. С помощью данного метода можно более эффективно использовать существующее оборудование.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что некоторые администрации присваивают ту же самую частоту нескольким пользователям для совместного использования;
- b) что желательно сравнить результаты измерений, проведенных разными странами в приграничных районах или, например, в полосах воздушной или морской подвижных служб.
- c) что управление использованием спектра может осуществляться удовлетворительно, если служба радиоконтроля предоставляет лицам, занимающимся планированием радиочастотного спектра, надлежащую информацию высокого качества о фактическом использовании спектра;
- d) что информация, полученная из баз данных частотных присвоений, не отражает степень загрузки каждого частотного канала;
- e) что результаты измерений занятости частотного канала послужат важным вкладом для:
  - выделений и присвоений частот;
  - проверки жалоб, касающихся блокирования канала;
  - определения степени эффективности использования спектра;
- f) что процедуры и методы измерения должны быть гармонизированы, с тем чтобы облегчить обмен результатами измерений между разными странами;
- g) что уже введены и в ближайшее время будут вводиться некоторые новые системы связи, для которых требуются усовершенствованные методы измерения;
- h) что гармонизированная регистрация полос частот в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.1809 может рассматриваться как измерение занятости частотного канала, в случае если имеется точное соответствие между частотным шагом и разносом частот между каналами (например, разнос частот между каналами = 25 кГц, тогда частотный шаг должен составлять 25 кГц или 12,5 кГц); желательно увеличение числа каналов до 800% и допустимо небольшое снижение точности,

*признавая,*

- a) что в разных странах используются различные принципы и методы измерений занятости частотного канала;
- b) что в Рекомендации МСЭ-R SM.1536 описаны высокоточные измерения занятости частотного канала;

с) что в случае, когда для предоставления информации о занятости канала используется регистрация полос частот, необходимо весьма простое оборудование,

*рекомендует,*

**1** что для измерений занятости частотного канала должны использоваться процедуры и методы измерения, определенные в Приложении 1;

**2** что измерения занятости частотного канала должны проводиться повторно через регулярные интервалы, с тем чтобы позволить определить тенденции на основе данных предыдущих измерений;

**3** что приведенные ниже примечания являются частью настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Более подробно соответствующая информация об измерениях занятости полосы частот приведена в Справочнике по радиоконтролю.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Измерение занятости канала может не годиться для оценки необходимости конкретного присвоения или эффективности использования спектра для некоторых операторов (т. е. при связи в чрезвычайных ситуациях).

## Приложение 1

### **1 Введение**

В настоящем Приложении описываются измерения занятости частотного канала, проводимые с использованием приемника или анализатора спектра. Для каждого частотного шага запоминается уровень сигнала. С помощью постобработки определяется процент времени, в течение которого сигнал превышает определенный пороговый уровень. У различных пользователей канала зачастую возникают разные значения напряженности поля в приемнике. Это дает возможность вычислить и представить занятость, создаваемую различными пользователями.

### **2 Требования**

#### **2.1 Оборудование**

Подходящая система, способная производить измерения занятости частотного канала с помощью регистрации полос частот, будет состоять из ПК/контроллера, подходящего программного обеспечения с адаптером интерфейса, радиоприемника или анализатора спектра, соответствующей антенны, калиброванного кабеля, модема для связи (по возможности) и соответствующего программного обеспечения для постобработки.

#### **2.2 Соображения в отношении станции**

При выборе станции для измерений занятости частотного канала должны приниматься во внимание различные факторы. Следовательно, результаты измерений должны сопровождаться отчетом станции о наблюдении, в котором указываются тип измерительной антенны, расположение антенны, географические координаты, объекты, мешающие измерениям и т. д.

#### **2.3 Взаимосвязь между несколькими параметрами**

**2.3.1** Существует тесная взаимосвязь между временем наблюдения, числом каналов, средней продолжительностью передачи и длительностью контроля.

**2.3.2** *Интервал между повторными измерениями* напрямую зависит от времени наблюдения и числа каналов. На интервал между повторными измерениями также влияет время обработки (передача данных между приемником и контроллером), которое должно быть как можно короче.

$$\text{Интервал между повторными измерениями} = (\text{Время наблюдения} \times \text{Число каналов}) + \text{Время обработки}$$

**2.3.3** *Время наблюдения в расчете на канал* зависит от скорости сканирования оборудования для контроля. Для поддержания достаточно короткого интервала между повторными наблюдениями при использовании относительно медленного оборудования должно быть уменьшено число каналов, в которых проводятся измерения.

## **2.4 Продолжительность передачи**

**2.4.1** Необходимо, чтобы система контроля осуществляла сканирование с приемлемой скоростью, чтобы определить отдельные короткие передачи.

**2.4.2** Оптимальный интервал между повторными измерениями равен половине минимальной ожидаемой продолжительности передачи, основанной на критерии Найквиста, и его можно достичь только в случае использования Рекомендации МСЭ-R SM.1536.

## **2.5 Длительность контроля**

**2.5.1** *Длительность контроля* зависит от интервала между повторными измерениями, типовых ожидаемых продолжительностей передач, числа частотных каналов, предназначенных для сканирования, а также требуемой точности результатов.

**2.5.2** Длительность контроля должна составлять не менее 24 часов или быть кратна 24 часам. При контроле в течение одной недели наблюдается разница в занятости в разные рабочие дни и на выходных. Продолжительность в семь периодов по 24 часа или более длительные периоды времени (например, один год) дают более надежную информацию о занятости.

## **2.6 Временное разрешение измерений**

Программное обеспечение должно быть в состоянии обеспечить возможность выбора временного разрешения для информации о занятости. По умолчанию, временное разрешение измерений должно составлять 15 минут, однако должна быть предусмотрена возможность представления данных при других разрешениях.

## **2.7 Точность и уровень статистической достоверности**

**2.7.1** Между точностью и интервалом между повторными наблюдениями отсутствует линейная зависимость.

В случае измерений 100 каналов с достижимым на практике интервалом между повторными наблюдениями в 1 с, число каналов может быть увеличено до 1000 с интервалом между повторными наблюдениями 10 каналов без чрезмерного воздействия на уровень достоверности/точность.

**2.7.2** Между занятостью и числом требуемых выборок отсутствует линейная зависимость. Чем ниже занятость, тем больше выборок понадобится для достижения требуемого уровня достоверности (см. таблицу 1 п. 4 Рекомендации МСЭ-R SM.182).

## **2.8 Ограничения по контролю**

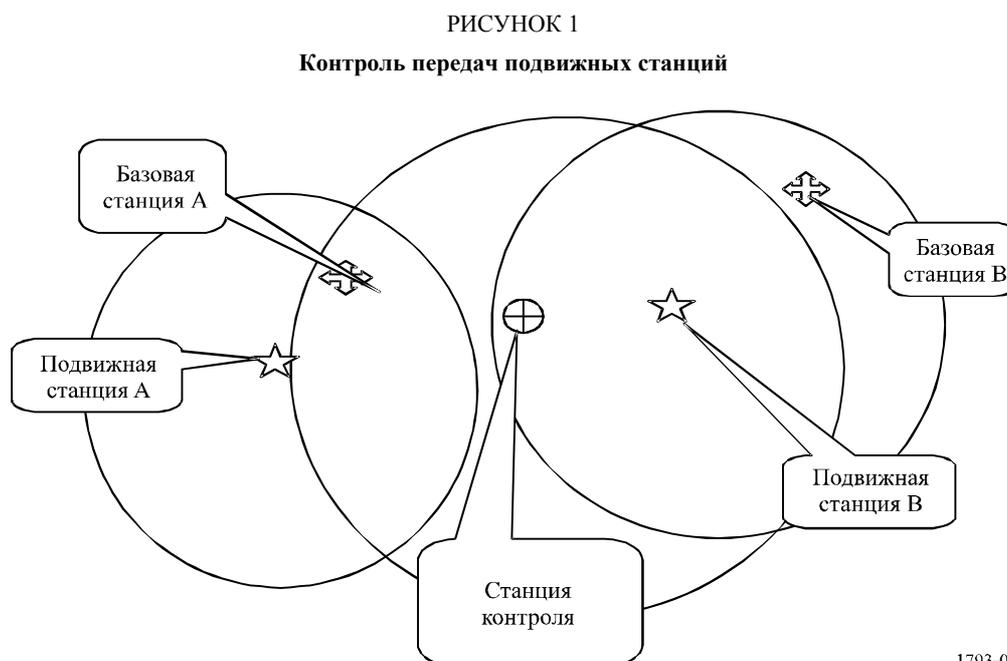
**2.8.1** При простом автоматическом контроле невозможно отличить полезные излучения от нежелательных. Оба типа излучений, если они превышают выбранное пороговое значение, воспринимаются как занятость канала. Использование программного обеспечения для постобработки позволяет отличать разных пользователей благодаря различным значениям напряженности поля в приемнике.

**2.8.2** Если несколько пользователей ведут передачу на частоте в пределах зоны покрытия системы контроля, то зарегистрированная занятость будет представлять собой сочетание радиочастотного трафика каждого пользователя. Современное программное обеспечение запоминает значение напряженности поля для каждого частотного шага и позволяет за счет постобработки отличать

разных пользователей радиочастотного канала и представлять занятость, создаваемую разными пользователями.

### 2.8.3 Контроль передач подвижных станций (см. рис. 1)

2.8.3.1 Возможен случай, когда полезный подвижный объект (подвижная станция А) расположен намного дальше от станции контроля, чем своя базовая станция пользователя (базовая станция А). Поэтому уровень принимаемого сигнала может быть ниже установленного порогового уровня контроля, хотя и достаточно большим для использования на соответствующей базовой станции.



2.8.3.2 И наоборот, сигналы от подвижного объекта пользователя вне зоны покрытия (подвижная станция В) могут приниматься на станции контроля, но не будут слышны на основной базовой станции пользователя.

2.8.3.3 Любая из вышеописанных ситуаций приведет к недостоверности регистрируемой информации. Именно по этой причине к результатам занятости, зарегистрированным на основании излучений подвижных станций, следует относиться с осторожностью.

### 2.8.4 Распространение

При установлении пороговых уровней приемника также следует учитывать условия распространения, или же следует контролировать распространение в течение периода измерения.

## 2.9 Представление и анализ собранных данных

2.9.1 После того, как из данных выборки получена необходимая информация, данные выборки можно исключить. При необходимости результаты могут запоминаться каждые 5, 15, 30 или 60 минут. На основе этих данных можно готовить презентации в виде таблиц, текстовых графиков, линейных графиков/гистограмм и карт.

2.9.2 Система представления должна как минимум содержать расположение станции контроля, дату и период измерения, частоту, тип пользователя(ей), использованный пороговый уровень, занятость в час наибольшей нагрузки, а также интервал между повторными измерениями.

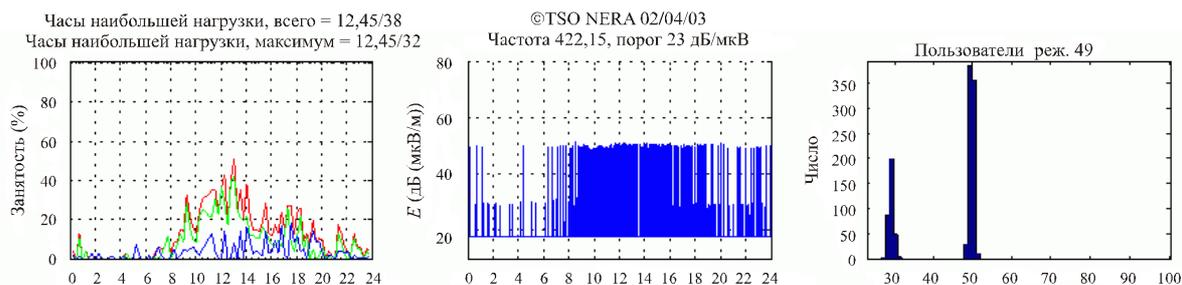
### 2.9.2.1 Напряженность поля, используемая для проведения различия между пользователями

В случае если регистрируется напряженность поля, из результатов измерения можно извлечь дополнительную информацию.

Левый график на рисунке 2 широко используется для представления занятости с разрешением 15 минут, обычно только с одной кривой. Красной кривой на левом графике показана общая занятость, создаваемая всеми пользователями данного канала. Зеленой кривой на левом графике изображена занятость, которая создается станцией, принимаемой с уровнем около 49 дБ (мкВ/м) (см. средний и правый графики), а синей кривой обозначена занятость, создаваемая всеми остальными пользователями; в данном случае вторым пользователем, принимаемым с уровнем около 29 дБ (мкВ/м).

РИСУНОК 2

## Усовершенствованная обработка данных о занятости



1793-02

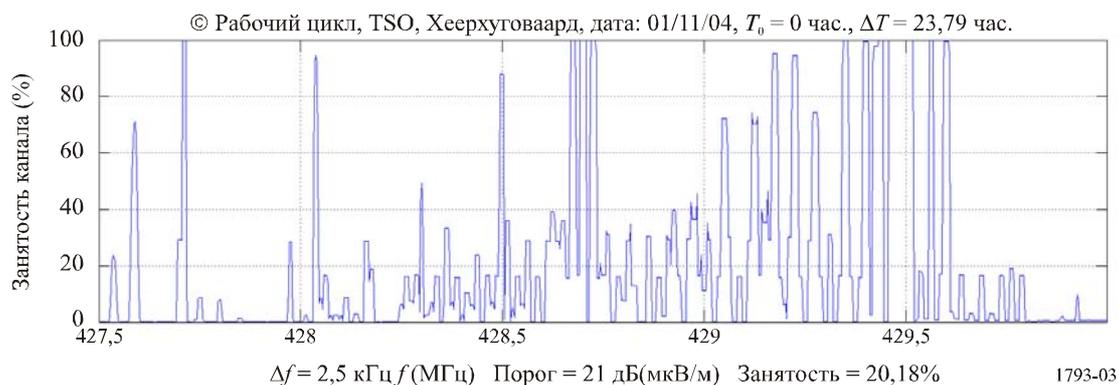
## 2.9.2.2 Занятость полосы частот

Помимо представления занятости каждого отдельного канала, должна также представляться занятость всей измеренной полосы частот.

На рисунке 3 изображена средняя занятость за 24 часа по каждому отдельному частотному шагу.

РИСУНОК 3

## Средняя занятость за 24 часа



1793-03

(В реальных ситуациях полоса частот может измеряться 1000 шагов за 10 с. На каждом шаге можно получить более 8600 значений напряженности поля. Если в данном случае пороговый уровень в канале/шаге превышает 4300 раз, то будет показана занятость 50%). На этом графике нет никакой информации о времени. В случае, если занятость определенных каналов составляет 50%, невозможно определить, когда эта занятость возникла.

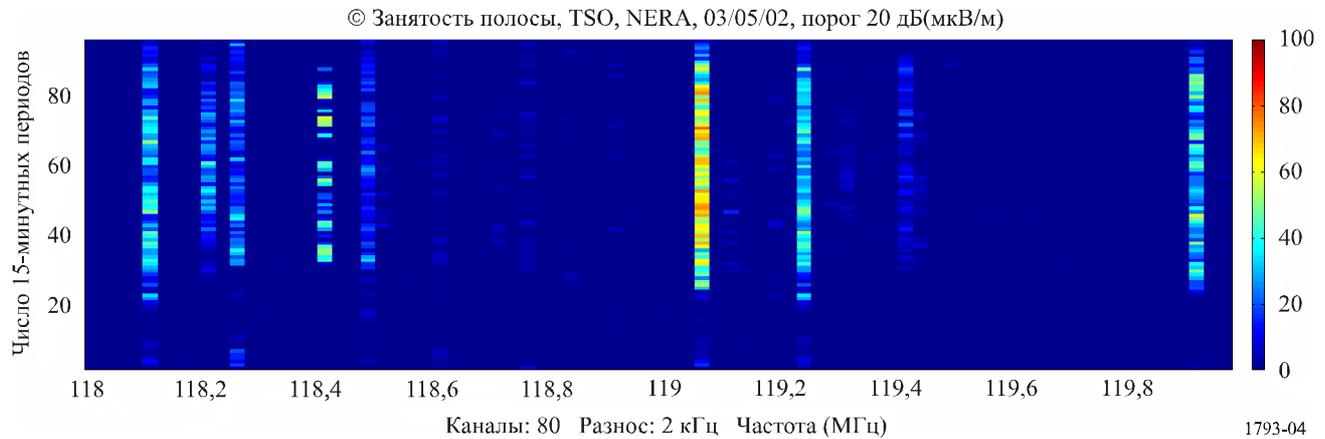
## 2.9.2.3 Представление занятости полосы частот с помощью цветов

Для того чтобы получить быстрый обзор, занятость в расчете на канал и при выбранном временном разрешении (как правило, 15 минут) можно также представлять в цвете. На рисунке 4 приведен пример.

При данном представлении информация о времени по прежнему доступна (96 значений за 24 часа). Цветные столбики представляют занятость (а не напряженность поля). На оси Y, слева, указывается время, но не в часах, а в 96 периодах по 15 минут.

РИСУНОК 4

**Представление занятости полосы частот с помощью цветов (спектрограмма)**



## 2.10 Обмен данными

### 2.10.1 Формат данных

Общим форматом данных, который может восприниматься любой базой данных и/или электронной таблицей, используемой в большинстве стран, является формат ASCII (CSV) с разделяющими запятыми, описанный в Рекомендации МСЭ-R SM.1809.

ТАБЛИЦА 1

**Определения терминов, используемых в настоящем Приложении**

Измерения занятости частотного канала	Измерения каналов, которые необязательно разнесены на одинаковое расстояние между каналами и возможно распределены по нескольким различным полосам частот, производимые для определения того, является ли канал занятым или нет. Цель состоит в том, чтобы измерить как можно больше каналов за возможно короткое время
Интервал между повторными измерениями	Время, затрачиваемое на просмотр всех предназначенных для измерения каналов (заняты они или нет) и возвращение к первому каналу
Время наблюдения	Время, необходимое системе для выполнения требуемых измерений в одном канале. Это время включает любые затраты на обработку, например сохранение результатов в память/на диск
Максимальное число каналов	Максимальное число каналов, которые могут быть просмотрены в течение интервала между повторными измерениями
Продолжительность передачи	Средняя продолжительность отдельной радиопередачи
Длительность контроля	Общее время, в течение которого производятся измерения занятости

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

Эрланг	Единица интенсивности трафика. Максимальный трафик, который может передаваться на одной частоте, равен 1 Эрл
Предварительно установленный пороговый уровень измерения	Если сигнал принимается с уровнем напряженности, превышающим пороговый уровень, канал считается занятым
Час наибольшей нагрузки	Самый высокий уровень занятости канала в течение 60-минутного периода