|  |
| --- |
| **Рекомендация МСЭ-R P.1853**  **(10/2009)** |
| **Синтез временных рядов тропосферного ослабления** |
| **Серия P**  **Распространение радиоволн** |

**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-Т/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-Т/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.1853

Синтез временных рядов тропосферного ослабления

(2009)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены методы синтеза ослабления в дожде и мерцания для наземных трасс и трасс Земля-космос.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что для надлежащего планирования наземных систем связи и систем связи Земля-космос необходимо иметь соответствующие методы имитации изменения во времени состояния канала распространения;

b) что разработаны методы, позволяющие с достаточной точностью имитировать изменение во времени состояния канала распространения,

рекомендует,

**1** что для синтеза временных рядов ослабления в дожде для наземных трасс и трасс Земля-космос должен применяться метод, представленный в Приложении 1;

**2** что для синтеза временных рядов мерцания для наземных трасс и трасс Земля-космос должен применяться метод, представленный в Приложении 1.

Приложение 1

# 1 Введение

Для планирования и проектирования наземных систем радиосвязи и систем радиосвязи Земля-космос необходимо иметь возможность синтеза изменения во времени состояния канала распространения. Эта информация может потребоваться, например, при разработке различных способов ослабления последствий замирания, таких как адаптивное кодирование и модуляция, а также автоматическое регулирование мощности.

Методика, представленная в настоящем Приложении, обеспечивает способ синтеза временных рядов ослабления в дожде и мерцания для наземных трасс и трасс Земля-космос, которые аппроксимируют статистические данные об ослаблении в дожде в конкретном местоположении.

# 2 Метод синтеза временных рядов ослабления в дожде

## 2.1 Обзор

В рамках метода синтеза временных рядов делается допущение, что долговременные статистические данные об ослаблении в дожде имеют логарифмически нормальное распределение. Несмотря на то, что распределения в рекомендуемых МСЭ-R методах прогнозирования ослабления в дожде, представленных в Рекомендации МСЭ-R P.530 для наземных трасс и в Рекомендации МСЭ-R P.618 для трасс Земля-космос, не являются точно логарифмически нормальными, эти распределения ослабления в дожде хорошо аппроксимируются логарифмически нормальным распределением в наиболее значимом диапазоне вероятности превышения. С помощью методов прогнозирования ослабления в дожде в наземных трассах и трассах Земля-космос прогнозируется ненулевое ослабление в дожде при значениях вероятности превышения, превосходящих значение вероятности дождя; однако, метод синтеза временных рядов позволяет корректировать временные ряды ослабления, так что ослабление в дожде, соответствующее значениям вероятности превышения, превосходящим значение вероятности дождя, составляет 0 дБ.

Для наземных трасс метод синтеза временных рядов действителен для частот в диапазоне 4–40 ГГц и длины трассы 2–60 км.

Для трасс Земля-космос метод синтеза временных рядов действителен для частот в диапазоне 4−55 ГГц и углов места 5°–90°.

С помощью метода синтеза временных рядов генерируются временные ряды, воспроизводящие статистические данные о спектральных характеристиках, крутизне и длительности замирания для процессов ослабления в дожде. Статистические данные о длительности периодов между процессами замирания также воспроизводятся, но только в рамках отдельных процессов ослабления.

Как показано на рисунке 1, временные ряды ослабления в дожде, *A*(*t*), синтезируются на основе дискретной обработки белого гауссова шума, *n*(*t*). Белый гауссов шум проходит через фильтр нижних частот, преобразуется из нормального распределения в логарифмически нормальное распределение в условиях безынерционной нелинейности и калибруется для согласования с необходимыми статистическими данными об ослаблении.

РИСУНОК 1

Функциональная схема синтезатора временных рядов ослабления в дожде



Синтезатор временных рядов определяют следующие пять параметров:

*m*: математическое ожидание логарифмически нормального распределения ослабления в дожде;

σ: стандартное отклонение логарифмически нормального распределения ослабления в дожде;

*p*: вероятность дождя;

: параметр, описывающий изменение во времени;

*Aoffset*: смещение, которое корректирует временные ряды для согласования с вероятностью дождя.

## 2.2 Поэтапный метод

Для синтеза временных рядов ослабления в дожде *Arain*(*kTs*), *k* = 1, 2, 3, ...., где  – временной интервал между выборками, а *k* – индекс каждой выборки, используется метод постепенного приближения.

**A Оценка параметров m и **

Параметры *m* и  определяются по интегральной функции распределения ослабления в дожде в зависимости от вероятности события. Статистические данные об ослаблении в дожде могут быть определены на основании данных местных измерений или, в случае отсутствия данных измерений, могут использоваться методы прогнозирования ослабления в дожде, представленные в Рекомендации МСЭ-R P.530 для наземных трасс и в Рекомендации МСЭ-R P.618 для трасс Земля-космос.

Для рассматриваемых трассы и частоты логарифмически нормальный подбор ослабления в дожде в зависимости от вероятности события производится следующим образом:

*Этап A1*: Определяется *Prain* (в % времени), вероятность дождя на трассе. *Prain* может быть хорошо аппроксимирована как *P*0(*Lat*,*Lon*) на основе Рекомендации МСЭ‑R P.837.

*Этап A2*: Строится множество пар [*Pi*, *Ai*] где *Pi* (в % времени) вероятность того, что ослабление *Ai*(dB) будет превышено при *Pi* ≤ *Prain*. В конкретных значениях *Pi* должен учитываться рассматриваемый диапазон вероятности; однако предлагается следующий набор значений процентов времени 0,01; 0,02; 0,03; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5 и 10%, при ограничении, что *Pi* ≤ *Prain*.

*Этап A3*: Это множество пар [*Pi*, *Ai*] преобразуется в ,

где:

. (1)

*Этап A4*: Определяются переменные  и  путем подбора методом наименьших квадратов таким образом, чтобы для всех *i*. Подбор методом наименьших квадратов может быть определен, используя "поэтапную процедуру для аппроксимации дополнительного интегрального распределения посредством логарифмически нормального дополнительного интегрального распределения", которая описана в Рекомендации МСЭ-R P.1057.

**B Параметр фильтра нижних частот**

*Этап B1:*Параметр β = 2 × 10–4 (с–1).

**C Смещение ослабления**

*Этап C1:* Смещение ослабления, *Aoffset* (дБ), рассчитывается следующим образом:

. (2)

**D Синтез временных рядов**

Временные ряды, *Arain*(*kTs*), *k* = 1, 2, 3, ... синтезируются следующим образом:

*Этап D1:* Синтезируется временной ряд белого гауссова шума, *n*(*kTs*), где *k* = 1, 2, 3, ... с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией в период выборки, *Ts*, составляющий 1 с.

*Этап D2:* Устанавливается *X*(0) = 0.

*Этап D3:* Выполняется фильтрация временного ряда шума, *n*(*kTs*), с помощью рекурсивного фильтра нижних частот, определяемого следующим образом:

                при *k* = 1, 2, 3, ... , (3)

где: . (4)

*Этап D4:* Рассчитывается *Yrain*(*kTs*), при *k* = 1, 2, 3, ... следующим образом:

. (5)

*Этап D5:* Рассчитывается *Arain*(*kTs*) (дБ), при *k* = 1, 2, 3, ... следующим образом:

. (6)

*Этап D6:* Из синтезированного временного ряда отбрасываются первые 200 000 выборок (соответствующие переходному периоду в фильтре). Процессы ослабления в дожде представлены последовательностями, значения которых превышают 0 дБ для последовательного числа выборок.

# 3 Метод синтеза временных рядов мерцания

Как показано на рисунке 2, временные ряды мерцания могут генерироваться путем фильтрования белого гауссова шума, *n*(*t*), так чтобы спектр асимптотической мощности отфильтрованного временного ряда характеризовался частотой спада *f*–8/3 и частотой среза *fc*, 0,1 Гц. Следует отметить, что стандартное отклонение мерцания возрастает с возрастанием ослабления в дожде.

РИСУНОК 2

Функциональная схема синтезатора временных рядов мерцания



\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_