|  |
| --- |
| **Рекомендация МСЭ-R P.1853-1**  **(02/2012)** |
| **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/publ/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, 2013 г.

© ITU 2013

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.1853-1

Синтез временных рядов тропосферного ослабления

(2009-2011)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены методы синтеза ослабления в дожде и мерцания для наземных трасс и трасс Земля-космос, а также общего ослабления и тропосферного мерцания для 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** чтобы для синтеза временных рядов ослабления в дожде для наземных трасс и трасс Земля‑космос применялся метод, представленный в Приложении 1;

**2** чтобы для синтеза временных рядов мерцания для наземных трасс и трасс Земля-космос применялся метод, представленный в Приложении 1;

**3** чтобы для синтеза временных рядов общего тропосферного ослабления и тропосферного мерцания для трасс Земля-космос применялся 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 и общего тропосферного ослабления и тропосферного мерцания для 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 генерируется временной ряд, воспроизводящий статистические данные о спектральных характеристиках, крутизне и длительности замирания для событий ослабления в дожде. Статистические данные о длительности периодов между событиями замирания также воспроизводятся, но только в рамках отдельных событий ослабления.

Как показано на рисунке 1, временной ряд ослабления в дожде, *A*(*t*), синтезируется 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 устройстве 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 (с–1);

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

## 2.2 Поэтапный метод

Для синтеза временных рядов ослабления в дожде *Arain*(*kTs*), *k* = 1, 2, 3, ..., где *Ts* – 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**

Временной ряд *Arain*(*kTs*), *k* = 1, 2, 3, ... синтезируется 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). События ослабления в дожде представлены последовательностями, значения которых превышают 0 дБ для ряда последовательных выборок.

# 3 Метод синтеза временных рядов мерцания

Как показано на рисунке 2, временной ряд мерцания, *sci*(*t*), может 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



# 4 Метод синтеза временных рядов совокупного объема жидкой воды в облаке

## 4.1 Обзор

Согласно Рекомендации МСЭ-R P.840 метод синтеза временных рядов аппроксимирует статистику совокупного долговременного объема жидкой воды (ILWC) логарифмически нормальным распределением.

С помощью метода синтеза временных рядов генерируется временной ряд, воспроизводящий статистические данные о спектральных характеристиках, диапазоне изменений и длительности событий наличия объема жидкой воды в облаке.

Как показано на рисунке 3, временной ряд жидкого объема, *L*(*t*), синтезируется на основе дискретной обработки белого гауссова шума, *n*(*t*). Белый гауссов шум проходит через фильтр нижних частот, усекается для соответствия желательному значению вероятности наличия облака и преобразуется из усеченной формы нормального распределения в условное логарифмически нормальное распределение в устройстве безынерционной нелинейности.

РИСУНОК 3

Функциональная схема синтезатора временных рядов ILWC



Синтезатор временных рядов определяют следующие восемь параметров:

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

σ: стандартное отклонение логарифмически нормального распределения ослабления в дожде;

*PCLW*: вероятность облаков;

: порог усечения коррелированного гауссова шума;

1: параметр, описывающий изменение во времени быстрого компонента процесса (c–1);

2: параметр, описывающий изменение во времени медленного компонента процесса (c–1);

1: параметр, описывающий вес быстрого компонента процесса;

2: параметр, описывающий вес медленного компонента процесса.

## 4.2 Поэтапный метод

Для синтеза временных рядов объема жидкой воды в облаке *L*(*kTs*), *k* = 1, 2, 3, ..., где *Ts*– временной интервал между выборками, а *k* – индекс каждой выборки, используется метод постепенного приближения.

**A Оценка параметров m,  и PCLW**

Параметры логарифмически нормального распределения – математическое ожидание, *m*, стандартное отклонение, , и вероятность наличия жидкой воды, *PCLW*, – доступны в форме карт, представленных в Рекомендации МСЭ-R P.840.

Для рассматриваемого местоположения условные логарифмически нормальные параметры определяются следующим образом:

*Этап A1*: Определяются параметры *m1*, *m2*, *m3*, *m4*, *1*, *2*,***3*,*4*, *PCLW1*,*PCLW2*,*PCLW3* и *PCLW4* в четырех ближайших точках координатной сетки цифровых карт, представленных в Рекомендации МСЭ‑R P.840.

*Этап  A2*: Определяются значения параметров *m*, и *PCLW* в желательном местоположении путем выполнения билинейной интерполяции четырех значений каждого параметра в четырех точках координатной сетки, как описано в Рекомендации МСЭ-R P.1144.

**B Параметры фильтра нижних частот**

*Этап B1*:Параметр β1 = 7,17 × 10–4 (c–1).

*Этап B2*:Параметр β2 = 2,01 × 10–5 (c–1).

*Этап B3*:Параметр 1 = 0,349.

*Этап B4*:Параметр 2 = 0,830.

**C Порог усечения**

*Этап C1*: Порог усечения  рассчитывается следующим образом:

, (7)

где *Q* – функция, определенная в п. 2.2.A и описанная в Рекомендации МСЭ-R P.1057.

**D Синтез временных рядов**

Временной ряд, *L*(*kTs*), *k* = 1, 2, 3, ... синтезируется 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*1(0) = 0; *X*2(0) = 0.

*Этап D3*: Выполняется фильтрация временного ряда шума, *n*(*kTs*), с помощью двух рекурсивных фильтров нижних частот, определяемых следующим образом:

                при *k* = 1, 2, 3, ..., (8)

где: . (9)

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

. (10)

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

. (11)

*Этап D6*: Из синтезированного временного ряда отбрасываются первые 500 000 выборок (соответствующие переходному периоду в фильтре). События наличия облака представлены последовательностями, значения которых превышают 0 мм для ряда последовательных выборок.

# 5 Метод синтеза временных рядов совокупного объема водяных паров

## 5.1 Обзор

В рамках метода синтеза временных рядов делается допущение, что долговременные статистические данные о совокупном объеме водяных паров (IWVC) характеризуются распределением Вейбулла. Несмотря на то что рекомендуемые МСЭ-R распределения IWVC, прогнозируемые в Рекомендации МСЭ-R P.836, не являются точно распределениями Вейбулла, эти распределения IWVC хорошо аппроксимируются распределением Вейбулла в наиболее значимом диапазоне вероятности превышения.

С помощью метода синтеза временных рядов генерируется временной ряд, воспроизводящий спектральные характеристики и распределение объема водяных паров.

Как показано на рисунке 4, временной ряд объема водяных паров, *V*(*t*), синтезируется на основе дискретной обработки белого гауссова шума, *n*(*t*). Белый гауссов шум проходит через фильтр нижних частот и преобразуется из нормального распределения в распределение Вейбулла в устройстве безынерционной нелинейности.

РИСУНОК 4

Функциональная схема синтезатора временных рядов совокупного объема водяных паров



Синтезатор временных рядов определяют следующие три параметра:

: параметр распределения Вейбулла IWVC;

: параметр распределения Вейбулла IWVC;

*V*: параметр, описывающий изменение во времени (c–1).

## 5.2 Поэтапный метод

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

**A Оценка параметров  и **

Параметры  и  определяются по интегральной функции распределения IWVC в зависимости от вероятности события. Статистические данные IWVC могут быть определены на основании данных местных измерений или, в случае отсутствия данных измерений, могут использоваться методы прогнозирования IWVC, представленные в Рекомендации МСЭ-R P.836.

Для рассматриваемого местоположения подбор IWVC Вейбулла в зависимости от вероятности события производится следующим образом:

*Этап A1*: Строится множество пар [*Pi*, *Vi*] , где *Pi* (% времени) вероятность того, что IWVC *Vi*(мм) будет превышено. В конкретных значениях *Pi* должен учитываться рассматриваемый диапазон вероятности; однако предлагается следующий набор значений процентов времени 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30 и 50%.

*Этап A2*: Это множество пар [*Pi*, *Vi*] преобразуется в .

*Этап A3*: Определяются промежуточные переменные *a* и *b* путем подбора методом наименьших квадратов соответствия линейной функции:

 (12)

следующим образом:

. (13)

*Этап A4*: Определяются параметры  и **следующим образом:

. (14)

**B Параметр фильтра нижних частот**

*Этап B1*: Параметр *V* = 3,24 × 10–6 (c–1).

**C Синтез временных рядов**

Временной ряд, *V*(*kTs*), *k* = 1, 2, 3, ... синтезируется следующим образом:

*Этап C1*: 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 C2*: Устанавливается *GV*(0) = 0.

*Этап C3*: Выполняется фильтрация временного ряда шума, *n*(*kTs*), с помощью рекурсивного фильтра нижних частот, определяемого следующим образом:

                при *k* = 1, 2, 3, ..., (15)

где:  . (16)

*Этап C4*: Рассчитывается *V*(*kTs*), при *k* = 1, 2, 3, ... следующим образом:

, (17)

где *Q*– функция, определенная в п. 2.2.A и описанная в Рекомендации МСЭ-R P.1057.

*Этап C5*: Из синтезированного временного ряда отбрасываются первые 500 000 выборок (соответствующие переходному периоду в фильтре).

# 6 Метод синтеза временных рядов общего ослабления и мерцания для трасс Земля‑космос

## 6.1 Обзор

Временные ряды общего ослабления и мерцания генерируются с использованием схемы, представленной на рисунке 5, и методов, описанных в разделах выше. Введена надлежащая корреляция между наличием облаков и дождя. Этот коэффициент корреляции и тот факт, что вероятность облаков на линии выше вероятности дождя, гарантирует, что в условиях события дождя всегда возникают облака.

Объем жидкой воды в облаке интерполируется, если одновременно подтверждены следующие два критерия:

– возникло событие дождя (ослабление в синтетическом дожде больше 0 дБ);

– ILWC превышает порог 1 мм.

В силу весьма низкого значения динамического параметра для компонента IWVC, из синтезированного временного ряда для всех рассматриваемых воздействий должны быть отброшены первые **5.106** выборок (соответствующие переходному периоду в фильтре IWVC).

Для трасс Земля-космос метод синтеза временных рядов действителен для частот в диапазоне 4−55 ГГц и углов места 5°–90°. При некоторых условиях (например, низкие частоты, углы места от средних до высоких, зоны умеренного климата) общее ослабление может с достаточным уровнем точности аппроксимироваться ослаблением в дожде.

С помощью метода синтеза временных рядов генерируется временной ряд, воспроизводящий статистические данные о спектральных характеристиках, крутизне и длительности замирания для событий общего замирания. Статистические данные о длительности периодов между событиями замирания также воспроизводятся, но только в рамках отдельных событий ослабления.

РИСУНОК 5

Функциональная схема синтезатора временных рядов общего ослабления и мерцания



## 6.2 Поэтапный метод

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

**A Коэффициенты корреляции**

*Этап A1*: Параметр *CRC* = 1.

*Этап A2*: Параметр *CCV* = 0,8.

**B Полиномы мерцания**

*Этап B1*: Полиномы замирания из-за мерцания и полиномы увеличения определяются следующим образом:

. (18)

**C Синтез временных рядов**

Временной ряд *A*(*kTs*), *k* = 1, 2, 3, ... синтезируется следующим образом:

*Этап C1*: 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 C2*: Синтезируется временной ряд белого гауссова шума, *nL0*(*kTs*), где *k* = 1, 2, 3, ... с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией в период выборки, *Ts*, составляющий 1 с.

*Этап C3*: Синтезируется временной ряд белого гауссова шума, *nV0*(*kTs*), где *k* = 1, 2, 3, ... с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией в период выборки, *Ts*, составляющий 1 с.

*Этап C4*: Синтезируется временной ряд белого гауссова шума, *nL*(*kTs*), где *k* = 1, 2, 3, ... следующим образом:

. (19)

*Этап C5*: Синтезируется временной ряд белого гауссова шума, *nV*(*kTs*), где *k* = 1, 2, 3, ... следующим образом:

. (20)

*Этап C6*: Рассчитывается временной ряд ослабления в дожде *A*(*kTs*), начиная с временного ряда белого гауссова шума, *nR*(*kTs*), в соответствии с процедурой, рекомендованной в п. 2 настоящей Рекомендации, и *этап D6* п. 2 заменяется следующим: из синтезированного временного ряда отбрасываются первые 5 000 000 выборок.

*Этап C7*: Рассчитывается временной ряд совокупного объема жидкой воды в облаке *L*(*kTs*), начиная с временного ряда белого гауссова шума, *nL*(*kTs*), в соответствии с процедурой, рекомендованной в п. 4 настоящей Рекомендации, и *этап D6* п. 4 заменяется следующим: из синтезированного временного ряда отбрасываются первые 5 000 000 выборок.

*Этап C8*: Временной ряд совокупного объема жидкой воды в облаке *L*(*kTs*) преобразуется во временной ряд ослабления в облаке *AC*(*kTs*) в соответствии с методом, рекомендованным в Рекомендации МСЭ-R P.840.

*Этап C9*: Определяются метки времени *k1Ts*, *k2Ts*, *k3Ts*, …, если одновременно подтверждены следующие условия:

1 – *AR*(*kTs*) > 0

2 – *L*(*kTs*) > 1. (21)

*Этап C10*: Отбрасываются вычисленные значения *AC*(*kTs*), соответствующие меткам времени *k1Ts*, *k2Ts*, *k3Ts*, *…*, определенным на *этапе C8*, и вместо этого для этих меток времени рассчитывается *AC*(*kTs*) на основе линейной интерполяции в зависимости от времени, начиная с неотброшенных значений ослабления в облаке.

*Этап C11*: Рассчитывается временной ряд совокупного объема водяных паров *V*(*kTs*), начиная с временного ряда белого гауссова шума, *nV*(*kTs*), в соответствии с процедурой, рекомендованной в п. 5 настоящей Рекомендации.

*Этап C12*: Временной ряд совокупного объема водяных паров *V*(*kTs*) преобразуется во временной ряд ослабления в водяных парах *AV*(*kTs*) в соответствии с оценкой аппроксимации метода ослабления в водяных парах на наклонных трассах, который рекомендован в Рекомендации МСЭ-R P.676 (раздел 2.3 Приложения 2).

*Этап C13*: Рассчитывается средняя годовая температура *Tm* для рассматриваемого местоположения, используя значения наблюдений, если таковые имеются. Иначе, для прогнозирования *Tm* может использоваться метод, представленный в Рекомендации МСЭ-R P.1510.

*Этап C14*: Значение средней годовой температуры *Tm* преобразуется в значение среднего годового ослабления в кислороде *AO* в соответствии с методом, рекомендованным в Рекомендации МСЭ‑R P.676.

*Этап C15*: Синтезируется временной ряд мерцания с единичной дисперсией *Sci*0(*kTs*) в соответствии с методом, рекомендованным в п. 3 настоящей Рекомендации.

*Этап C16*: Рассчитывается временной ряд поправочного коэффициента *Cx*(*kTs*), с тем чтобы обеспечить различие между затуханием из-за мерцания и увеличениями:

, (22)

где *Q –* функция, определенная в п. 2.2.A и описанная в Рекомендации МСЭ-R P.1057.

*Этап C17*: Временной ряд совокупного объема водяных паров *V*(*kTs*) преобразуется во временной ряд с гамма-распределением *Z*(*kTs*) следующим образом:

, (23)

где  и  – параметры распределения Вейбулла совокупного объема водяных паров, а функция *Gam –* дополнительная гамма-функция распределения, описанная в Рекомендации МСЭ-R P.1057 и определяемая следующим образом:

. (24)

*Этап C18*: Рассчитывается стандартное отклонение мерцания  в соответствии с методом, рекомендованным в Рекомендации МСЭ-R Р.618.

*Этап C19*: Рассчитывается временной ряд мерцания *Sci*(*kTs*) следующим образом:

. (25)

*Этап C20*: Рассчитывается временной ряд общего тропосферного ослабления *A*(*kTs*) следующим образом:

. (26)

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