

Международный союз электросвязи

# МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R P.311-13**  
(10/2009)

## **Сбор, представление и анализ данных при исследовании тропосферного распространения**

**Серия Р**  
**Распространение радиоволн**



Международный  
союз  
электросвязи

## Предисловие

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

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

### Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

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

### Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-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
<b>P</b>	<b>Распространение радиоволн</b>
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.311-13

**Сбор, представление и анализ данных при исследовании тропосферного распространения**

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1982-1990-1992-1994-1997-1999-2001-2003-2005-2009)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что для проектирования систем связи необходимы модели, обеспечивающие достоверный прогноз распространения радиоволн в глобальных масштабах;
- b) что данные о распространении радиоволн и радиометеорологические данные имеют первостепенное значение для разработки и проверки работоспособности таких моделей прогнозирования;
- c) что для упрощения процедуры сравнения данных и результатов желательно получать и представлять данные о распространении и метеорологические данные в унифицированном виде,

*рекомендует,*

**1** чтобы данные о тропосферном распространении предоставлялись 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи в соответствии с принципами и форматами, описываемыми в Приложении 1.

**Приложение 1****Банки данных для обеспечения оценки методов прогнозирования**

- 1 Введение
- 2 Ответственность и обновления
- 3 Критерии приемки
- 4 Критерии проверки для сравнительной оценки методов прогнозирования
- 4.1 Общие соображения
- 4.2 Контрольная переменная для сравнения прогнозов ослабления в дожде
- 5 Перечень банков данных 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи, содержащих информацию о тропосферном распространении
- 5.1 Часть I: Данные для наземных трасс прямой видимости
- 5.2 Часть II: Данные для трасс Земля-космос

- 5.3 Часть III: Данные для наземных загоризонтных трасс и данные о рассеянии в дожде
- 5.4 Часть IV: Радиометеорологические данные
- 5.5 Часть V: Данные для наземных сухопутных подвижных служб
- 5.6 Часть VI: Данные для наземного радиовещания
- 5.7 Часть VII: Данные для подвижных спутниковых служб
- 5.8 Часть VIII: Данные о растительном покрове и сооружениях

## 1 Введение

Одно из основных требований при разработке надежных методов прогнозирования явлений распространения радиоволн заключается в создании соответствующих компьютерных банков данных. Такие банки данных должны:

- содержать все имеющиеся данные, соответствующие требуемому стандарту,
- быть общепринятыми в качестве исходного материала для проведения испытаний,
- быть легкодоступными.

Принципиальной особенностью банков данных является то, что они должны содержать только такие данные, которые могут быть использованы для:

- проверки методов прогнозирования, рекомендованных 3-й Исследовательской комиссией по радиосвязи (и, конечно, могут использоваться для проверки других методов); и
- составления и обновления радиометеорологических карт, необходимых для прогнозирования явлений распространения радиоволн.

В особых случаях изучения тропосферного распространения, когда методы, рекомендованные 3-й Исследовательской комиссией по радиосвязи отсутствуют, читатель может воспользоваться табличными данными, представленными в Приложении соответствующей Рекомендации, которая может послужить ориентиром исходя из всех наилучших имеющихся результатов измерений.

Существующие банки данных связаны с:

- оценкой методов прогнозирования для наземного распространения в пределах прямой видимости,
- оценкой методов прогнозирования для распространения на трассе Земля–космос,
- оценкой методов прогнозирования помех или надежности на загоризонтных трассах,
- радиометеорологическими данными,
- оценкой методов прогнозирования для наземных сухопутных подвижных служб,
- оценкой методов прогнозирования для наземных радиовещательных служб,
- оценкой методов прогнозирования для подвижных спутниковых служб,
- данными о растительности и сооружениях.

Администрациям настоятельно рекомендуется предоставить свои данные в 3-ю Исследовательскую комиссию по радиосвязи и/или в соответствующую Рабочую группу (РГ) в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем Приложении. В разделе 2 описываются дополнительные административные аспекты, связанные с банками данных, и процедура ввода в них новых данных. В разделе 3 приводятся критерии, которым должны удовлетворять данные для их принятия. В разделе 4 перечислены используемые критерии проверки. И, наконец, в разделе 5 перечисляются все таблицы, относящиеся к банкам данных.

Форма бланка для представления данных, содержащего подробную информацию о характере и формате требуемых/имеющихся данных, находится в свободном доступе в части Web-сайта МСЭ-R, относящейся к работе 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи. Кроме того, на том же Web-сайте можно найти крупноформатную электронную таблицу, содержащую все существующие банки данных. Бумажные копии и дискеты с формами бланков, а также дискеты с общим банком данных можно запросить в Бюро радиосвязи (БР).

Таблица III-1a в настоящее время существует как отдельная база данных. Она включает примерно 100 000 измерений, записанных на 1326 трассах. Продолжительность измерений составляла от 10 минут до 1 часа. Эта база данных размещена на веб-сайте 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи.

## 2 Ответственность и обновления

Ответственность за составление банков данных возложена на 3-ю Исследовательскую комиссию по радиосвязи, которая для целей подготовки технической информации и управления ею может воспользоваться помощью Рабочих групп, а для публикации и рассылки – услугами БР. Ответственность за точность и значимость данных лежит на авторах, указанных в ссылках, и/или на администрациях, которые представили эти данные. Однако, для того чтобы облегчить перевод полученных данных в компьютерную форму и обеспечить надлежащее качество банков данных, эти данные должны быть прежде всего рассмотрены соответствующей РГ, на предмет их соответствия критериям, приведенным в п. 3. Данные, не соответствующие этим критериям, все же могут быть приняты после получения от соответствующей администрации дополнительной информации и/или необходимых пояснений.

При этом неперенным требованием для проведения рассмотрения является выполнение соответствующих процедур технического обслуживания и составления банков данных. Предлагается, чтобы каждая Таблица банка данных передавалась на рассмотрение соответствующей РГ и чтобы эта РГ назначала для каждой таблицы, за которую она ответственна, лицо, отвечающее за координацию обновлений.

## 3 Критерии приемки

Данные, предоставляемые для включения в банки данных, будут рассматриваться в аспекте их соответствия следующим критериям:

- Соответствия представленной информации форматам, описанным в бланке проформы. В частности, единицы измерения должны точно соответствовать тем, что приведены в соответствующих бланках таблиц. При этом за основу, не считая некоторых исключений, принята Международная система единиц (система СИ). Определения терминов можно найти в Рекомендации МСЭ-R P.310. Для представления данных и для ввода дополнительной важной информации под рубрикой "Замечания" рекомендуется пользоваться копиями таблиц в бланках для представления данных.
- Для таблиц, требующих совокупных статистических данных, описывающих как явления распространения, так и выпадение осадков, необходимы одновременные данные. Это означает, что и те и другие статистические данные должны быть получены в течение одного и того же периода наблюдения. Если имеющиеся данные были согласованы путем исключения данных других измерений для данного временного интервала, то этот факт следует отметить в разделе "Замечания".
- Для получения долгосрочных и годовых совокупных статистических данных период наблюдения должен составлять целое число, кратное 12 месяцам, а продолжительность исправного состояния оборудования должна составлять не менее 90% заявленного времени наблюдения.
- Совокупные статистические данные по наихудшему месяцу (см. Рекомендацию МСЭ-R P.581) должны быть получены на основании статистических данных по всем 12 месяцам соответствующего года. Продолжительность исправной работы оборудования должна составлять не менее 75% каждого месяца.
- Точность интерполяции: интерполяция может оказаться необходимой при преобразовании совокупных статистических данных измерений в требуемый формат (для нескольких фиксированных значений процентов). Для этой цели должно быть выбрано достаточно большое число эталонных уровней, с тем чтобы для последовательных эталонных уровней отношение вероятностей было больше 0,8 и меньше 1,25. Экстраполированные значения представлять нельзя.

- При сборе данных о наземных широкополосных системах динамический диапазон приемника должен быть не менее 18 дБ, с тем чтобы обеспечить минимальное отношение полезный сигнал/шум порядка 15 дБ.
- Что касается статистических данных по интенсивности дождевых осадков, то предпочтительно использование интервала времени интеграции, равного 1 мин, для соответствия методам прогнозирования 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи.

Вышеуказанные критерии должны применяться при анализе представленных данных. Однако в особых случаях некоторые из этих критериев могут быть смягчены (например, при многолучевом распространении статистика замираний имеет четкую тенденцию к линейности в области хвоста распределения, построенного в логарифмически-линейном виде, так что интерполяция становится менее сложной проблемой). Можно также пользоваться менее строгими критериями приемки в тех случаях, когда речь идет о статистических данных из района, слабо представленного в соответствующей таблице данных. Данные, принятые, несмотря на то, что они не удовлетворяют критериям приемки (вследствие названных выше причин), должны быть помечены специальным значком координатором, ответственным за составление таблицы, и должны быть удалены из банка данных, как только в него поступит достаточное количество новых данных, полностью соответствующих указанным критериям.

## **4 Критерии проверки для сравнительной оценки методов прогнозирования**

### **4.1 Общие соображения**

Для того чтобы судить об относительных достоинствах того или иного метода прогнозирования, необходимо разработать набор объективных критериев. Как правило, данные, используемые для сравнения, должны быть пригодны для целей конкретных применений (см. критерии приемки данных, п. 3). В то время как в базе данных в основном собраны все данные, подходящие, по крайней мере, для одного типа проверки, ряд данных может оказаться непригодным для некоторых прогнозов, и потому их не следует включать в процедуру проверки. (Например: некоторые из данных таблицы III-1 не годятся для проверки надежности загоризонтных трасс, поэтому они помечены специальным значком). Важно также исключить все зависимые данные (когда один информационный элемент является подмножеством другого). Однако данные измерений, проводимых на одной и той же станции в течение одного и того же периода времени, но для различных углов места или разных поляризаций можно считать независимыми.

Кроме того, в большинстве случаев продолжительность измерения (порядка нескольких лет) используется в качестве весовой функции. (Заметим, что продолжительность определяется как фактическое число дней, в течение которых был собран полный набор достоверных данных, и обычно оказывается меньше периода времени от начала до конца сбора данных; эта разница во времени называется "продолжительностью простоя" эксперимента).

Ниже перечислены основные требования к моделям (в порядке убывания их важности).

#### **4.1.1 Наилучшая характеристика в аспекте контрольного параметра**

Эта контрольная переменная (то есть минимальное среднее значение разности между прогнозируемой и измеренной величиной или минимальное стандартное отклонение этой разности) должна быть согласована в рамках ответственной Рабочей группы. Следует отметить, что проверку модели следует проводить при полном наборе имеющихся на текущий момент данных или при некоторых заранее согласованных поднаборах данных.

#### **4.1.2 "Физическая основа" выбранного метода**

Большинство используемых методов прогнозирования носят полуэмпирический характер, поскольку либо особенности физического процесса до конца не известны, либо требуемое число входных параметров практически невозможно предоставить. Чем лучше базовые физические принципы представлены в модели, тем больше вероятность, что она может быть использована в доселе неисследованных областях (новые частоты, новые климатические зоны и т. д.). Чисто эмпирический метод, основанный на простом подборе кривых по результатам измерений, обычно нельзя использовать за пределами области проведенных измерений, а потому его следует избегать.

### 4.1.3 "Простота"

Этот критерий, который до некоторой степени можно считать противоречащим требованию "физической основы", следует использовать лишь для того, чтобы свести к минимуму необходимое число входных параметров и обеспечить такое описание алгоритма, которое гарантировало бы ясную и четкую реализацию компьютерной программы. Номограммы могут быть очень полезным упрощенным представлением метода прогнозирования, но его нельзя принять в качестве метода как такового.

## 4.2 Контрольная переменная для сравнения прогнозов ослабления в дожде

Прогнозы ослабления обычно делаются для ряда трасс передачи для фиксированного набора уровней вероятности. Данные для сравнения методов прогнозирования должны быть сведены в таблицы для каждого из этих фиксированных уровней вероятности, например, для 0,001%, 0,01% и 0,1% времени года. Для каждой трассы рассчитывается отношение прогнозируемого уровня ослабления к измеренному. В качестве контрольной переменной используется натуральный логарифм этих отношений. Чтобы компенсировать влияние вкладов от источников ослабления сигнала, отличных от дождя, а также от погрешностей измерения, которые особенно ощутимы на низких уровнях ослабления, для значений измеренного ослабления, меньших 10 дБ, логарифм следует умножить на коэффициент масштабирования. Этот коэффициент масштабирования является степенной функцией измеренного ослабления. Преобразованная таким образом контрольная переменная близко следует нормальному распределению. После этого рассчитываются среднее значение и стандартное отклонение (преобразованной) контрольной переменной, которые используются в качестве статистических данных при сравнении методов прогнозирования.

### 4.2.1 Процедура

- Для каждого процента времени рассчитать отношение прогнозируемого уровня ослабления,  $A_p$  (дБ), к измеренному,  $A_m$  (дБ), для каждой линии радиосвязи:

$$S_i = A_{p,i} / A_{m,i} \quad (1)$$

где  $S_i$  вышеназванное отношение вычисленное для  $i$ -й линии радиосвязи.

- Вычислить контрольную переменную:

$$\begin{aligned} V_i &= \ln S_i (A_{m,i} / 10)^{0,2} && \text{для } A_{m,i} < 10 \text{ дБ,} \\ &= \ln S_i && \text{для } A_{m,i} \geq 10 \text{ дБ.} \end{aligned} \quad (2)$$

- Повторить эту процедуру для всех процентов времени.
- Вычислить среднее значение,  $\mu_V$ , стандартное отклонение,  $\sigma_V$ , и среднеквадратичное значение,  $\rho_V$ , величин  $V_i$  для каждого процента времени:

$$\rho_V = (\mu_V^2 + \sigma_V^2)^{0,5}. \quad (3)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – (Весовая функция.) Если некоторые из измеренных распределений получены на основе данных за несколько ( $n$ ) лет, то вычисляется среднее значение,  $\mu_V$ , стандартное отклонение,  $\sigma_V$ , и среднеквадратичное значение,  $\rho_V$ ,  $n$  величин  $V_i$  (например, если оцениваются среднегодовые данные, полученные по результатам наблюдений в течение трех лет, то для каждого процента времени три раза используется одно и то же значение  $V_i$ ).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – (Оценка для уровней вероятности, равным нескольким разрядам.) При оценке методов прогнозирования для уровней вероятности, равных нескольким разрядам (например, от 0,001% до 0,1% времени), для каждого процента времени рассчитывается контрольная переменная значений  $V_i$  (предпочтительные значения следующие: 0,001, 0,002, 0,003, 0,005, 0,01, 0,02, 0,03, 0,05 и 0,1) с учетом весовой функции, а затем определяются среднее значение,  $\bar{\mu}_V$ , стандартное отклонение,  $\bar{\sigma}_V$  и среднеквадратичное значение,  $\bar{\rho}_V$ , всех величин  $V_i$  для требуемого количества разрядов уровней вероятности.

При сравнении методов прогнозирования наилучший метод дает наименьшие значения статистических параметров. Следует отметить, что логарифмические параметры можно впоследствии преобразовать в эквивалентные процентные параметры. Стандартное отклонение, например, дает эквивалентное верхнее и нижнее значения процента отклонений:

$$D_{u,t} = [\exp(\pm\sigma_V)^{-1}] \times 100 ,$$

которые являются мерой разброса прогнозируемых значений по отношению к измеренным, нормированным по уровню ослабления 10 дБ.

Описанная процедура представляет собой не только инструмент для оценки характеристик различных методов прогнозирования, но и указывает на возможные пути их усовершенствования. Графическое изучение разброса значений  $A_p$  и  $A_m$  также может дать полезную информацию об относительных достоинствах как экспериментальных данных, так и методов прогнозирования.

Кроме того, эти статистические параметры могут предоставить некоторую информацию об ожидаемом разбросе фактических уровней ослабления относительно прогнозируемого. Чтобы получить эту информацию, описанную выше процедуру масштабирования можно проделать в обратном порядке, то есть нормированное стандартное отклонение для уровня ослабления 10 дБ можно привести к стандартному отклонению, которое ожидается на другом прогнозируемом уровне ослабления,  $A_p$  (дБ), умножив его на коэффициент  $(10/A_p)^{0,2}$ .

Следует заметить, что максимальная точность любого метода прогнозирования определяется точностью, с которой предполагается кумулятивное распределение точечной интенсивности дождевых осадков может характеризовать климатические дождевые условия для данной местности.

### 4.3 Метод проверки для сравнения прогнозируемых длительностей замираний

#### 4.3.1 Принцип метода

Длительность замирания можно описать с помощью двух различных функций кумулятивного распределения:

- 1  $P(d > D|a > A)$ , вероятность случаев появления замираний длительностью  $d$ , превышающей  $D$  (s), при условии что ослабление  $a$  больше, чем  $A$  (дБ).
- 2  $F(d > D|a > A)$ , кумулятивная вероятность превышения, или, что эквивалентно, общая доля (в пределах от 0 до 1) времени замираний, обусловленного замираниями длительностью  $d$ , превышающей  $D$  (s), при условии, что ослабление  $a$  больше, чем  $A$  (дБ).

Данные для сравнения методов прогнозирования длительности замираний представляются в табличной форме как для фиксированных значений длительности  $D$  отдельных замираний (например, 6 с, 180 с или 3600 с), так и для фиксированных значений порога ослабления  $A$  (например, 3 дБ, 10 дБ или 25 дБ). Отношение прогнозируемой доли времени к измеренной вычисляется для каждой радиолинии, а логарифм этого отношения определяется в качестве контрольной переменной. Далее рассчитываются среднее значение и стандартное отклонение контрольной переменной, которые используются в качестве статистических данных при сравнении методов прогнозирования.

#### 4.3.2 Процедура

*Шаг 1a:* Что касается методов прогнозирования вероятности случаев проявления,  $P$ , рассчитать контрольную переменную в виде натурального логарифма отношения прогнозируемой вероятности  $P_p(d > D|a > A)$  к измеренной вероятности  $P_m(d > D|a > A)$ , для каждого порога ослабления,  $A$ , и для длительности  $D$  каждого замирания, определенным в таблицах I-8b и II-3b, а также для каждой радиолинии:

$$\varepsilon_{P,i}(D, A) = \ln \left( \frac{P_p(D|A)}{P_m(D|A)} \right), \quad (4)$$

где

$\varepsilon_{P,i}$ : контрольная переменная, рассчитанная для  $i$ -й радиолинии.



*Шаг 1b:* Что касается методов прогнозирования процента времени замирания,  $F$ , отнимите от 1 как прогнозируемую долю времени  $F_p(d > D|a > A)$ , так и измеренную долю времени  $F_m(d > D|a > A)$ . Рассчитать контрольную переменную в виде натурального логарифма отношения этих разностей, для каждого порога ослабления,  $A$ , и для длительности  $D$  каждого замирания, определенным в таблицах I-8с и II-3с, а также для каждой радиолинии:

$$\varepsilon_{N,i}(D, A) = \ln \left( \frac{1 - F_p(D|A)}{1 - F_m(D|A)} \right), \quad (5)$$

где

$\varepsilon_{N,i}$ : контрольная переменная, рассчитанная для  $i$ -й радиолинии.

*Шаг 2:* Для каждого метода прогнозирования рассчитать среднее значение, стандартное отклонение и среднеквадратичные значения погрешности  $\varepsilon_P$  или  $\varepsilon_N$  для длительности каждого отдельного замирания и для каждого порога ослабления, указанным в таблицах I-8 и II-3.

Если некоторые из измеренных распределений получены на основе данных за несколько лет ( $n$  лет), то вычисляется среднее значение, стандартное отклонение и среднеквадратичное значение  $n$  величин  $\varepsilon_{P,i}$  или  $\varepsilon_{N,i}$  (например, если оцениваются среднегодовые данные, полученные по результатам наблюдений в течение трех лет, то для длительности каждого замирания и уровня ослабления три раза используется одно и тоже значение  $\varepsilon_{P,i}$  или  $\varepsilon_{N,i}$ ).

При сравнении методов прогнозирования наилучший метод дает наименьшие значения статистических параметров.

#### 4.4 Метод проверки для прогнозирования крутизны замирания

##### 4.4.1 Принцип метода

Прогнозируемое распределение крутизны замирания, используемое в этом методе проверки, является кумулятивным распределением крутизны замирания, которое должно превышать для заданного порога ослабления. Оно зависит от уровня ослабления,  $A(t)$ , от длительности интервала времени,  $\Delta t$ , и от частоты среза на уровне 3 дБ фильтра нижних частот, используемого для удаления из сигнала тропосферных мерцаний и быстрых изменений вследствие ослабления в дожде.

Данные для сравнения методов прогнозирования крутизны замираний приводятся в табличной форме как для фиксированного процента времени,  $P$  (от 0,001% до 50%), так и для фиксированного порога ослабления,  $A$  (например, 3 дБ, 10 дБ или 25 дБ). Отношение прогнозируемой крутизны замираний к измеренной вычисляется для каждой радиолинии, а логарифм этого отношения определяется в виде контрольной переменной. Далее рассчитываются среднее значение и стандартное отклонение контрольной переменной, которые используются в качестве статистических данных при сравнении методов прогнозирования.

##### 4.4.2 Процедура

*Шаг 1:* Для каждого порога ослабления,  $A$ , и для каждого значения  $\zeta$  крутизны замирания, определенных в таблице II-8b, рассчитать контрольную переменную исходя из прогнозируемой вероятности превышения,  $P_p(\zeta | A)$ , и измеренной вероятности превышения,  $P_m(\zeta | A)$ , для каждой радиолинии, как:

$$\varepsilon_i(\zeta, A) = 2 \cdot \frac{P_p(\zeta | A) - P_m(\zeta | A)}{P_p(\zeta | A) + P_m(\zeta | A)}, \quad (6)$$

где:

$\varepsilon_i$ : контрольная переменная, рассчитанная для  $i$ -й радиолинии.

*Шаг 2:* Рассчитать среднее значение, стандартное отклонение и среднеквадратичное значение погрешности  $\varepsilon$  для сочетания всех экспериментов, а также для крутизны каждого отдельного замирания и для каждого порога ослабления, приведенных в таблице II-8b.

Если некоторые из измеренных распределений получены на основе данных за несколько лет ( $n$  лет), то вычисляется среднее значение, стандартное отклонение и среднеквадратичное значение  $n$  величин  $\varepsilon_i$  (например, если оцениваются среднегодовые данные, полученные по результатам наблюдений в течение трех лет, то для крутизны каждого замирания и уровня ослабления три раза используется одно и то же значение  $\varepsilon_i$ ).

При сравнении методов прогнозирования наилучший метод дает наименьшие значения статистических параметров.

## **5 Перечень банков данных 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи, содержащих информацию о тропосферном распространении**

### **5.1 Часть I: Данные для наземных трасс прямой видимости**

- Таблица I-1: Статистика ослабления в дожде на трассах прямой видимости
- Таблица I-2: Замирания и усиления на трассах прямой видимости, обусловленные многолучевым распространением, для среднего наихудшего месяца в узких полосах частот
- Таблица I-3: Данные о разнесении на линиях прямой видимости
- Таблица I-4: Статистика XPD и CPA на трассах прямой видимости в условиях ясного неба
- Таблица I-5: Статистика XPD и CPA на трассах прямой видимости, обусловленная осадками
- Таблица I-6: Характеристики многолучевого канала для наихудшего месяца на трассах прямой видимости и продолжительность отказов
- Таблица I-7: Замирания и усиления на многоскачковых трассах прямой видимости, обусловленные многолучевостью, для наихудшего месяца
- Таблица I-8: Статистика числа событий замираний и продолжительности замираний на трассах прямой видимости
- Таблица I-9: Годовая статистика ослабления для волн оптического диапазона на трассах прямой видимости
- Таблица I-10: Статистика ослабления для волн оптического диапазона на трассах прямой видимости, для наихудшего месяца
- Таблица I-11: Годовая статистика частотного разнесения для миллиметровых волн и оптических линий связи на трассах прямой видимости
- Таблица I-12: Статистика частотного разнесения для миллиметровых волн и оптических линий связи на трассах прямой видимости, для наихудшего месяца
- Таблица I-13: Статистика разнесения по времени на трассах прямой видимости
- Таблица I-14: Статистика дифференциального и общего ослабления в дожде на трассах прямой видимости

### **5.2 Часть II: Данные для трасс Земля-космос**

- Таблица II-1: Годовая статистика ослабления в дожде на наклонных трассах и интенсивности дождей
- Таблица II-2: Статистика ослабления в дожде на наклонных трассах для наихудшего месяца
- Таблица II-3: Статистика длительности замираний на наклонных трассах
- Таблица II-4: Статистика пространственного разнесения на наклонных трассах
- Таблица II-5a: Годовая статистика XPD на наклонных трассах
- Таблица II-5b: Годовая статистика XPD на наклонных трассах, обусловленная CPA
- Таблица II-6: Статистика амплитудных мерцаний на наклонных трассах
- Таблица II-7: Значения стандартных отклонений мерцаний на наклонных трассах
- Таблица II-8: Статистика крутизны замираний на наклонных трассах
- Таблица II-9: Статистика разнесения по времени на наклонных трассах
- Таблица II-10: Статистика масштабирования мгновенной частоты на наклонных трассах

**5.3 Часть III: Данные для наземных загоризонтных трасс и данные о рассеянии в дожде**

- Таблица III-1: Статистика основных потерь передачи на загоризонтных трассах в условиях ясного неба
- Таблица III-1a: Точечные данные измерений в условиях ясного неба (Эта Таблица представляет собой отдельный банк данных (см. п. 1))
- Таблица III-2: Рассеяние в дожде на наземных трассах
- Таблица III-3: Распределения вероятностей общего уровня сигнала

**5.4 Часть IV: Радиометеорологические данные**

- Таблица IV-1: Статистика интенсивности дождей
- Таблица IV-2: Коэффициент преобразования времени интеграции значений интенсивности дождя
- Таблица IV-3: Годовая статистика температуры шумов неба
- Таблица IV-4: Статистика средних значений поверхностной рефракции
- Таблица IV-5: Статистика продолжительности событий дождя
- Таблица IV-6: Статистика приповерхностных волноводов, образуемых испарениями
- Таблица IV-7: Статистика облачного покрова
- Таблица IV-8: Зависимость пространственной статистики от интенсивности дождей
- Таблица IV-9: Общее объемное содержание водяных паров
- Таблица IV-10: Общее объемное содержание облачной жидкой воды

**5.5 Часть V: Данные для наземных сухопутных подвижных служб**

- Таблица V-1: Статистика широкополосных измерений для наземных сухопутных подвижных служб
- Таблица V-2: Статистика узкополосных измерений для наземных сухопутных подвижных служб

**5.6 Часть VI: Данные для наземных служб "из пункта в зону"**

- Таблица VI-1: Данные наземных служб "из пункта в зону"

**5.7 Часть VII: Данные для подвижных спутниковых служб**

- Таблица VII-1: Статистика широкополосных измерений на линиях подвижной спутниковой связи
- Таблица VII-2: Статистика узкополосных измерений на линиях морской подвижной спутниковой связи
- Таблица VII-3: Статистика узкополосных измерений на линиях сухопутной подвижной спутниковой связи
- Таблица VII-4: Статистика узкополосных измерений на линиях воздушной подвижной спутниковой связи
- Таблица VII-5: Статистика узкополосных измерений замираний и их продолжительности для спутникового радиовещания

**5.8 Часть VIII: Данные о растительном покрове и сооружениях**

- Таблица VIII-1: Ослабление растительным покровом
- Таблица VIII-2: Потери при входе в здания
- Таблица VIII-3: Характеристики потерь для различных материалов

**5.9 Часть IX: Шум**

- Таблица IX-1: Белый гауссов радишум
-