

Международный союз электросвязи

МСЭ-R
Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R P.311-18
(09/2021)

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

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 Резолюции МСЭ-R 1. 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/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	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская 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 МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2021 г.

© ITU 2021

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.311-18

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

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1982-1990-1992-1994-1997-1999-2001-2003-2005-2009-2013-
2015-2016-2017-2021)

Сфера применения

В Рекомендации МСЭ-R P.311 содержится описание экспериментальных данных, использованных 3-й Исследовательской комиссией, и критерии приемки данных. Настоящая база данных используется для тестирования моделей распространения радиоволн, рассмотренных рабочими группами 3-й Исследовательской комиссии.

Ключевые слова

Экспериментальные данные, распространение радиоволн, сбор и представление данных

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,

представлять 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи данные о распространении радиоволн в соответствии с принципами и форматами, описанными в Приложении 1.

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

- 1 Введение
- 2 Ответственность и обновления
- 3 Критерии приемки
- 4 Перечень банков данных 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи, содержащих информацию о тропосферном распространении
 - 4.1 Часть I: Данные для наземных трасс прямой видимости
 - 4.2 Часть II: Данные для трасс Земля-космос
 - 4.3 Часть III: Данные для наземных загоризонтных трасс и данные о рассеянии в дожде

- 4.4 Часть IV: Радиометеорологические данные
- 4.5 Часть V: Данные для наземных сухопутных подвижных служб
- 4.6 Часть VI: Данные для наземных служб "из пункта в зону"
- 4.7 Часть VII: Данные для подвижных спутниковых служб
- 4.8 Часть VIII: Данные о растительном покрове и сооружениях
- 4.9 Часть IX: Шум
- 4.10 Часть X: Трансионосферные данные

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;
- радишумом;
- трансionoносферными данными.

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 перед их принятием. И, наконец, в разделе 4 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 веб-сайта МСЭ-R, относящейся к работе 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи. Кроме того, на том же веб-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 мин. 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 неременным 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:

- Информацию по данным для оценки следует предоставлять с использованием шаблона, описанного в документах, где содержится бланк проформы (определены как банки данных ИКЗ – форматированные таблицы).
- Все данные должны быть представлены в компьютерных файлах с использованием формата файла, указанного 3-й Исследовательской комиссией.
- 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 I-1 и II-1, где приводятся совокупные статистические данные об интенсивности дождевых осадков, ослаблении в дожде и суммарном ослаблении, требуются строго одновременные данные. Выражение "строго одновременные данные" означает, что статистический анализ данных об интенсивности дождевых осадков и ослаблении должен включать только измерения, полученные в течение идентичных периодов времени. Кроме того, если не указаны периоды, к которым относятся данные об интенсивности дождевых осадков или суммарном ослаблении, или если такие периоды помечены как недостоверные в связи со сбоями или неисправностью системы, то такие периоды для данных об интенсивности дождевых осадков должны быть исключены из статистического анализа для таблиц I-1 и II-1.

В случае недостоверных периодов измерений интенсивности дождевых осадков, такой же процесс должен применяться к данным об ослаблении в дожде и суммарном ослаблении. В любом случае в таблице IV-1 должны быть представлены полные статистические достоверные данные об интенсивности дождевых осадков.

- 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 и по каждому 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.

При анализе представленных данных должны применяться вышеуказанные критерии. 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 Перечень банков данных 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи, содержащих информацию о тропосферном распространении

4.1 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

4.2 Часть II: Данные для трасс Земля-космос

- Таблица II-1: Годовая и месячная статистика суммарного ослабления, 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: Годовая и месячная 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
- Таблица II-11: Значения стандартных отклонений разницы длины трасс на наклонных трассах
- Таблица II-12: Статистика длительности периодов между замираниями на наклонных трассах

4.3 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

4.4 Часть IV: Радиометеорологические данные

- Таблица IV-1: Годовая и месячная статистика интенсивности дождей
- Таблица IV-2: Коэффициент преобразования времени интеграции значений интенсивности дождя
- Таблица IV-3: Годовая и месячная 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: Годовая и месячная статистика общего объемного содержания водяных паров
- Таблица IV-10: Годовая и месячная статистика общего объемного содержания облачной жидкой воды
- Таблица IV-11: Статистика параметров характеристик дождевых ячеек
- Таблица IV-12: Статистика распределения капель дождя по размеру
- Таблица IV-13: Годовая и месячная статистика тропосферного увеличения длины трассы

4.5 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

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

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

4.7 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
- Таблица VII-6: Статистика узкополосных измерений на линиях связи между воздушной подвижной и наземной станциями
- Таблица VII-7: Статистика широкополосных измерений на линиях связи между воздушной подвижной и наземной станциями

4.8 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

4.9 Часть IX: Шум

- Таблица IX-1: Радишум вне помещений (аддитивный белый гауссов шум)
- Таблица IX-2: Радишум в помещениях (интегральная функция распределения)

4.10 Часть X: Трансионосферные данные

Таблица X-1: Индекс трансионосферных мерцаний вдоль наклонной трассы

Таблица X-2: Общее содержание электронов вдоль наклонной трассы

4.11 Часть XI: Данные о трассах малой дальности

Таблица XI-1: Не зависящие от места основные потери передачи в помещениях
