

МСЭ-R
Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R Р.678-2
(09/2013)**

**Оценка изменчивости явлений
распространения радиоволн и оценка
риска, связанного с запасом
на распространение**

**Серия Р
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-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к 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 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 МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2014 г.

© ITU 2014

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 Р.678-2

**Оценка изменчивости явлений распространения радиоволн и оценка риска,
связанного с запасом на распространение**

(1990-1992-2013)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены три метода прогнозирования:

- ожидаемое межгодовое колебание отрезка времени превышения для наихудшего месяца;
- междугодичная изменчивость статистических данных об интенсивности дождевых осадков и ослаблении в дожде;
- параметры риска, связанные с колебанием статистических данных об ослаблении в дожде.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что для того, чтобы при анализе надежности, готовности и качества систем можно было находить надлежащий компромисс между стоимостными и качественными параметрами, необходимо знать об изменчивости явлений распространения радиоволн;
- b) что для разработки критериев показателей работы систем радиосвязи необходима процедура прогнозирования для оценки параметров риска, связанных с колебанием статистических данных о распространении радиоволн;
- c) что существует процедура прогнозирования для оценки статистических данных по межгодовым колебаниям годового отрезка времени превышения для наихудшего месяца, определенная в Рекомендации МСЭ-R Р.581,

рекомендует

- 1 использовать рис. 1 Приложения 1 для оценки ожидаемого межгодового колебания годового отрезка времени превышения для наихудшего месяца;
- 2 сообщать об ожидаемом колебании около долгосрочного среднего прогнозируемого значения в качестве функции периода повторяемости;
- 3 на основе Приложения 2 рассчитывать междугодичную изменчивость статистических данных об интенсивности дождевых осадков и об ослаблении в дожде относительно долгосрочных среднестатистических данных;
- 4 на основе Приложения 3 рассчитывать параметры риска, связанные с колебанием статистических данных о распространении радиоволн.

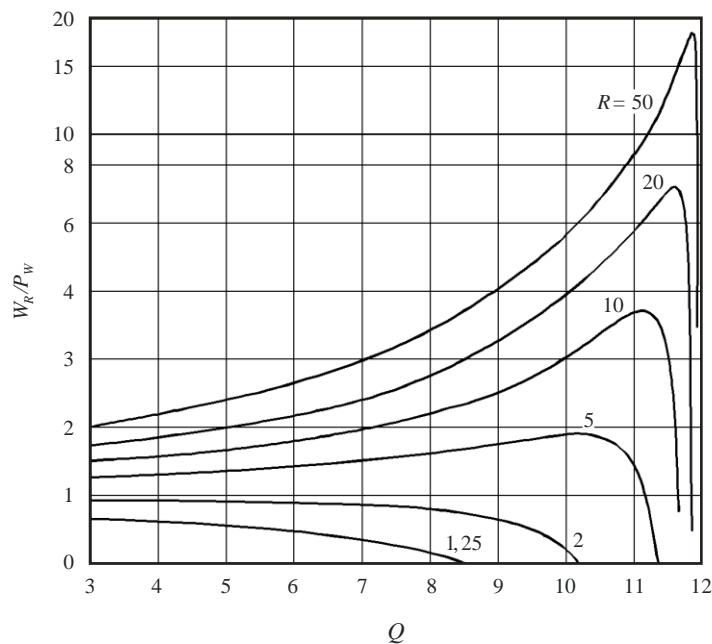
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Период повторяемости – это средний интервал времени между двумя последовательными случаями наступления какого-либо определенного случайного события. Для длинного ряда наблюдений значение периода повторяемости составляет $1/P$ (периодичность среднего интервала между всемиарами последовательных событий), где P – вероятность наступления события. Например, медианное значение длинного ряда годовых отрезков времени превышения для наихудшего месяца имело бы двухгодичный период повторяемости.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Риск определяется как вероятность того, что годовая гарантированная готовность не будет обеспечена.

Приложение 1

Оценка ожидаемого межгодового колебания годового отрезка времени превышения для наихудшего месяца

РИСУНОК 1
Зависимость W_R/P_W от Q для некоторых значений периода повторяемости R (годы)



P_W : средний годовой отрезок времени превышения для наихудшего месяца

W_R : годовой отрезок времени превышения для наихудшего месяца, связанный с периодом повторяемости в R лет

Q : показатель для наихудшего месяца, климатический фактор распространения радиоволн (см. Рекомендацию МСЭ-R Р.841)

P.0678-01

Примечание 1. – P_W , W_R , Q должны относиться к тому одному и тому же заранее определенному пороговому значению.

Приложение 2

Межгодичная изменчивость статистических данных об интенсивности дождевых осадков и об ослаблении в дожде

Для заданного местоположения межгодичные отклонения статистических данных об интенсивности дождевых осадков и об ослаблении в дожде относительно долгосрочной дополнительной интегральной функции распределения (CCDF) p как правило распределяются с использованием среднего значения p и годового колебания σ^2 , таким образом, что:

$$\sigma^2(p) = \sigma_E^2(p) + \sigma_C^2(p), \quad (1)$$

где:

σ_E^2 : колебание оценки;

σ_C^2 : межгодичное колебание климатических характеристик.

В представленном ниже методе прогнозирования приводится пошаговая процедура расчета значения $\sigma^2(p)$, связанного с вероятностью превышения значения p ($0 \leq p \leq 1$).

Требуются следующие параметры:

p : вероятность превышения (%);

r_c : климатический коэффициент.

Значения климатического коэффициента, r_c , являются неотъемлемой частью настоящей Рекомендации и имеются в форме цифровых карт, представленных в файле [R-REC-P.678-2-201309-!!!ZIP-E](#). Это карты были составлены на основе данных за 50 лет из базы данных GPCC.

Шаг 1: Для заданной вероятности превышения, p , рассчитываем:

$$C = \sum_{i=-N+1}^{N-1} c_U(i\Delta t, p), \quad (2)$$

где:

$$\begin{aligned} N &= 525960 \\ \Delta t &= 60 \\ c_U(i\Delta t, p) &= \exp(-a \cdot |i\Delta t|^b) \end{aligned} \quad (3)$$

при

$$\begin{aligned} b &= b_1 \cdot \ln(p) + b_2 \\ a &= 0,0265 \text{ } s^{-1} \\ b_1 &= -0,0396 \\ b_2 &= 0,286 \end{aligned} \quad (4)$$

Шаг 2: Колебание оценки σ_E^2 рассчитывается на основе:

$$\sigma_E^2(p) = \frac{p(1-p)}{N} \cdot C. \quad (5)$$

Шаг 3: Извлекаем значение переменной r_c для четырех точек, находящихся ближе всего по широте (*Lat*) и долготе (*Lon*) к географическим координатам заданного местоположения.

Шаг 4: Из значения r_c в четырех узловых точках получаем значение $r_c(Lat, Lon)$ в заданном местоположении путем выполнения билинейной интерполяции, как это описано в Рекомендации МСЭ-R Р.1144.

Шаг 5: Рассчитываем такое междугодичное колебание климатических характеристик σ_c^2 , что:

$$\sigma_c^2(p) = (r_c(Lat, Lon) \cdot p)^2. \quad (6)$$

Если используется прогнозируемое, а не полученное экспериментальным путем значение CCDF, то прогнозируемое значение CCDF не будет точно соответствовать фактическим значениям интенсивности дождевых осадков или ослабления в дожде (например, измеренное значение CCDF ослабления в дожде не будет точно соответствовать значению CCDF ослабления в дожде, прогнозируемому в Рекомендации МСЭ-R Р.618). В этом случае следует рассмотреть возможность дополнительной ошибки, $\sigma_M^2(p)$, и тогда уравнение (1) принимает следующий вид:

$$\sigma^2(p) = \sigma_c^2(p) + \sigma_E^2(p) + \sigma_M^2(p), \quad (7)$$

где $\sigma_M^2(p)$ – ошибка в прогнозируемом значении CCDF. Для оценки воздействия колебания $\sigma^2(p)$, допустимо использовать доверительный интервал $[p - \sigma(p), p + \sigma(p)]$ в размере 68%, который соответствует плюс-минус одному стандартному отклонению относительно вероятности для распределенных обычным образом величин.

Эта процедура применима для процентов превышения времени от 2% до 0,01% и для диапазонов частот от 12 до 50 ГГц.

Приложение 3

Оценка риска, связанного с запасом на распространение

При заданном фиксированном значении ослабления в дожде A_r превышающем заданную вероятность p ($0 \leq p \leq 1$), например $P(A > A_r) = p$, риск \mathfrak{R} (означает вероятность) того, что годовая вероятность $p_{\mathfrak{R}}$ ($0 \leq p_{\mathfrak{R}} \leq 1$) превышается, удовлетворяет выражению:

$$\mathfrak{R} = Q\left(\frac{p_{\mathfrak{R}} - p}{\sigma(p)}\right) \quad (8)$$

или, что то же самое:

$$p_{\mathfrak{R}} = \sigma(p)Q^{-1}(\mathfrak{R}) + p = \sqrt{2}\sigma(p)\operatorname{erfc}^{-1}(2\mathfrak{R}) + p \quad (9)$$

где $\sigma(p)$ можно рассчитать на основе Приложения 2 и где (см. Рекомендацию МСЭ-R Р.1057):

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Важно отметить, что $p_{\mathfrak{R}} = p$ в уравнении (8) приводит, как ожидается к значению $\mathfrak{R} = 0,5$.