

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1751-0\*

**Вспомогательная методика для оценки влияния помех между сетями радиосвязи, работающими в совместно используемой полосе частот**

(2006)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации предлагается вспомогательная методика для оценки влияния помех между сетями радиосвязи, работающими в совместно используемой полосе частот.

**Ключевые слова**

Совместно используемая полоса частот, потери запаса энергии, методика, оценка помех.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая*

- a) что развитие средств радиосвязи может привести к росту взаимных помех между сетями радиосвязи, работающими в одной и той же полосе частот;
- b) что установление параметров максимально допустимого излучения, определяющих величину помехи, создаваемой другим сетям радиосвязи, является одной из важнейших задач МСЭ-R;
- c) что уровни взаимно допустимого излучения обычно являются результатом компромисса;
- d) что цель МСЭ-R заключается в обеспечении справедливого доступа к радиочастотному спектру службам радиосвязи;
- e) что для оценки влияния помех были использованы различные методики, основанные на оценке качества сигнала на выходе канала радиосвязи, коэффициента неготовности канала, увеличения шума в приемной линии и т. д., которые делают такие оценки несравнимыми,

*рекомендует*

- 1 чтобы при оценке и сравнении влияния помех, создаваемых другими сетями или системами радиосвязи, эксплуатируемыми в совместно используемой полосе частот, администрации могли использовать методику потери запаса энергии (ПЗЭ), в качестве вспомогательного инструмента для руководства при оценке и сравнении влияния помех. Эта методика соответствует относительной величине увеличения баланса энергии, которая потребуется для сохранения в подверженной помехам линии показателей качества и готовности, которые существовали до возникновения этих помех (см. Приложение 1);
- 2 чтобы методика ПЗЭ никоим образом не заменяла или исключала другие методики совместного использования радиосистем, содержащиеся в Регламенте радиосвязи и существующих Рекомендациях МСЭ-R;
- 3 чтобы Бюро не использовало методику ПЗЭ при изучении любой представленной ему заявки с технической и/или регламентарной точек зрения;
- 4 не использовать методику ПЗЭ при оценке влияния помех на пассивные службы;
- 5 рассматривать следующие примечания в качестве составной части данной Рекомендации.

---

\* В 2019 году 1-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла поправки редакционного характера в настоящую Рекомендацию в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Что в тех случаях, когда величины полезного сигнала и мощности помех изменяются во времени, следует определять величину ПЗЭ, которая позволила бы сохранить как долгосрочные, так и краткосрочные показатели качества и готовности, а для оценки влияния помех использовать максимальную величину ПЗЭ.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Что в тех случаях, когда величины полезного сигнала и/или мощности помех отличаются, в зависимости от расположения взаимно затрагиваемых сетей (например, когда эти величины зависят от расположения станций этих сетей на поверхности Земли или в космосе), необходимо определить и учитывать не только максимальную или среднюю величины ПЗЭ, но и величину ПЗЭ, обеспечивающую необходимый показатель качества для согласованного процентного отношения ситуаций.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Что при рассмотрении влияния дополнительной помехи на линию или систему радиосвязи, в которых уже существует совокупность внутренних или внешних помех, мощность шума, существовавшая до возникновения рассматриваемой помехи, определяется как средняя величина от суммы тепловой и существующей помех, т. е. должна быть определена величина ПЗЭ, вызванной влиянием дополнительной помехи.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Что величина ПЗЭ должна быть рассчитана в каждом конкретном случае совместного использования частот с учетом полезных свойств и свойств мешающего сигнала (статистические и иные), а также соответствующих показателей качества.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Что величина ПЗЭ должна быть рассчитана для утвержденных эталонных взаимно мешающих сетей согласованной структуры с параметрами (или совокупностью параметров), типичными для этих сетей.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Что ПЗЭ представляет собой рассчитанную величину, прямо указывающую на влияние помех, для сравнения этих влияний в различных случаях, что, однако, не подразумевает необходимость увеличения во всех случаях баланса энергии линии, которая подвергается помехе.

## Приложение 1

### **Общие положения, касающиеся методики расчета ПЗЭ для оценки влияния помех между сетями радиосвязи, работающими в совместно используемой полосе частот**

Для того чтобы рассчитать ПЗЭ для линии, которая подвергается помехе, необходимо знать показатели качества или готовности  $PO_n$  (если они установлены соответствующим регламентом) или установить их (если эти показатели находятся в стадии рассмотрения) для соответствующего значения вероятности (процентов времени)  $F_n$ , если эти величины показателей оказались превышенными.

С учетом передачи сигнала (модуляция, кодирование и т. д.) и методов демодуляции, существующие формулы или опытные данные позволяют определить величины  $r_n$  отношения сигнала к шуму  $r = C/N_{\Sigma}$ , обеспечивающие получение заданных величин  $PO_n$ .

Символ  $N_{\Sigma}$  в настоящей Рекомендации означает сумму теплового шума и помех, воздействующих на затрагиваемую линию до возникновения исследуемых помех  $N_{\Sigma} = N + \Sigma I_0$ , преобразованных в приемник оконечного устройства.

## Общее решение

Должны быть определены совокупные функции распределения во времени  $F(C)$ ,  $F(I)$  сигнала  $C(t)$  и помехи  $I(t)$  (влияние которых изучается). Изменения во времени теплового шума, как правило, не учитываются.

Известно, что изменения сигнала и помехи во времени возникают в результате изменений в условиях распространения сигнала (атмосферные осадки, многолучевое распространение), изменения расстояния от передатчиков сигнала и помехи (движение спутника, подвижность станции) и т. д.

На основе функций распределения  $F(C)$ ,  $F(I)$  сигнала  $C(t)$  и помехи  $I(t)$ , необходимо построить график, отражающий функцию распределения  $F(r_0)$  отношения сигнала к шуму  $r_0 = C(t)/N_\Sigma$ , которая отличается от  $F(C)$  только шкалой независимой переменной, так и функции распределения  $F(r_i)$  для отношения сигнала к сумме шумовой и рассчитанной помех  $r_i = C(t)/(N_\Sigma + I(t))$ . Функция распределения  $F(r_i)$  рассчитывается с использованием известных уравнений теории вероятности для функции распределения отношения двух случайных величин с известными функциями распределения.

Следует отметить, что между показателями качества  $PO$  и отношением сигнала к шуму  $r$  существует взаимно однозначное соответствие. Поэтому условие получения необходимой величины  $PO$  с вероятностью (процент времени)  $(1 - F_n)$  полностью совпадает с условием  $r \geq r_n$  с той же вероятностью (для того же процента времени). На основе этого можно осуществить оценку ПЗЭ при помощи функции распределения  $F(r_0)$ ,  $F(r_i)$  не прибегая к расчету функций распределения показателей качества. Этот важный момент следует пояснить: если заданная величина показателя качества оказывается нарушенной с вероятностью  $F_n$ , то необходимо и достаточно сохранить отношение сигнала к шуму плюс помеха на уровне ниже соответствующей величины  $r_n$  с такой же вероятностью  $F_n$ . (В настоящем документе совокупные функции распределения  $F(r_0)$ ,  $F(r_i)$  означают  $F(r \leq r_0)$ ,  $F(r \leq r_i)$ .)

Исходя из вышеупомянутого, величина ПЗЭ для показателя качества  $PO_n$ , определенного с вероятностью  $F_n$  нарушения этой величины, составит:

$$ПЗЭ_n = 10 \log[(C_0 + \Delta C)/C_0] = r_0(F_n) - r_i(F_n), \quad \text{дБ} \quad (1)$$

где  $r_0(F_n)$ ,  $r_i(F_n)$  – величины отношения сигнала к шуму и отношения сигнала к шуму плюс помеха с вероятностью  $F_n$ , установленные для показателя качества (также выраженного в дБ),  $C_0$  – номинальная величина полезной мощности сигнала. Уравнение (1) хорошо проиллюстрировано на рисунке 1, где  $r_n$  – пороговая величина отношения сигнал к шуму, соответствующая необходимой величине показателя качества с вероятностью  $F_n$ ,  $M_0$  – запас энергии при отсутствии оцениваемой помехи,  $M_i$  – запас энергии при наличии помехи,  $F(r_i^1)$  – функция  $F(r_i)$  с мощностью сигнала, увеличенной величиной ПЗЭ.

Очевидно, что это уравнение действительно для любого заданного значения вероятности  $F$ , т. е. для краткосрочных и долгосрочных показателей качества. Если для различных вероятностей  $F_n$  установлено несколько величин показателей качества, то необходимо произвести расчет для каждой из них и затем выбрать наибольшую величину ПЗЭ.

Если величина сигнала и/или помехи не только изменяется во времени, но зависит и от других факторов, например от расположения станции в зоне обслуживания, то необходимо будет определить распределение ПЗЭ для совокупности ситуаций или ограничиться определением величин ПЗЭ, превышенных в некотором процентном отношении ситуаций, и на основе этих величин оценить вред, причиненный соответствующей помехой. Более общий подход заключается в построении графика обобщенных функций распределения  $F(r_0, L)$ ,  $F(r_i, L)$  с учетом изменения в отношении сигнал к шуму и помехе во времени и в зависимости от ситуаций ( $L$ ). Таким образом, использование формулы (1) позволяет получить величину ПЗЭ для заданной вероятности, учитывая при этом оба фактора – время и расположение станции.

## Анализ простых ситуаций

1 Возьмем простейший случай, когда сигнал  $C$  и помеха  $I$  не изменяются во времени, т. е.  $C = \text{const}$ ,  $I = \text{const}$ ,  $N = \text{const}$ , как это обычно делается при расчете взаимной помехи между геостационарными спутниковыми сетями.

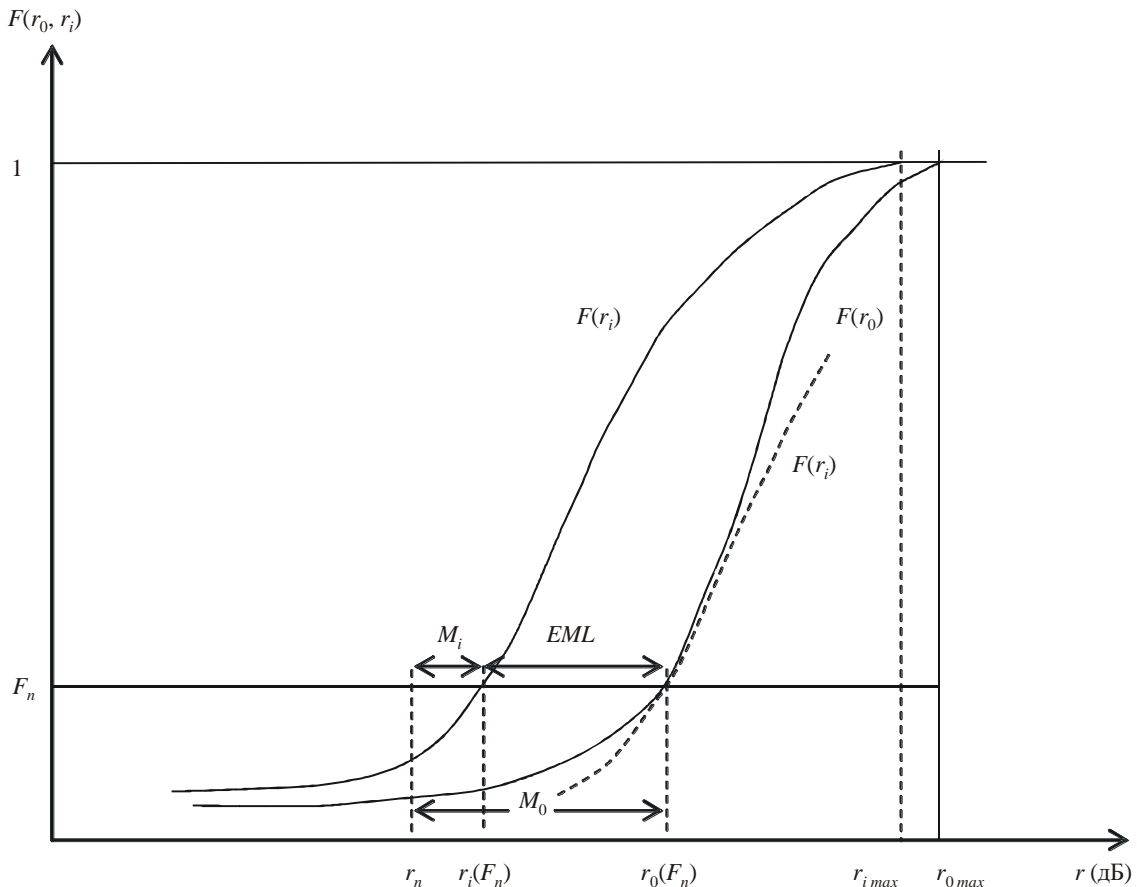
В этом случае  $F(r_0)$  и  $F(r_i)$  становятся функциями  $\delta$ , расположенными в  $r_0 = C/N_\Sigma$  и в  $r_i = C/(N_\Sigma + I)$  и для любой вероятности  $F$ :

$$EML = 10 \log \left[ \frac{C/N_\Sigma}{C/(N_\Sigma + I)} \right] = 10 \log (1 + I/N_\Sigma). \quad (2)$$

2 Еще один простой пример с постоянной помехой ( $I = const$ ) и сигналом, изменяющимся во времени ( $C(t) = var$ ), например для помехи наземной микроволновой линии, создаваемой геостационарным спутником.

В этом случае  $F(r_i)$  имеет такую же форму, что и  $F(r_0)$ , и отличается лишь величиной независимой переменной  $(N_\Sigma + I)/N_\Sigma$  (т. е. со смещением влево на эту величину, как показано на рисунке 1). Это значит, что ПЗЭ имеет такую же величину для любой вероятности  $F$ , т. е. она одинакова для расчета критерия долгосрочного и краткосрочного периода и может быть рассчитана с использованием простого уравнения (2).

РИСУНОК 1



1751-01

3 В случае постоянного сигнала ( $C = const$ ) и переменной помехи ( $I(t) = var$ ) (например помеха геостационарной земной станции, создаваемая микроволновой линией)  $F(r_0)$  является функцией  $\delta$ , расположенной в  $r_0$ , а  $F(r_i)$  определяется только путем распределения помехи. В этом случае следует использовать общее уравнение (1).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Принято, что различие в спектре сигнала и помехи следует рассматривать с учетом части мощности помехи, возникающей в ширине полосы частот приемника. В случае необходимости,

распределение гауссового шума и помеха, которая является модулированной несущей, могут быть просуммированы с учетом различия в их статистических характеристиках, а следовательно, и влияния этого различия на результат демодуляции (например, на вероятность ошибки); обычно это различие не принимается во внимание в расчетах, связанных с электромагнитной совместимостью.

---