РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1751-0[[1]](#footnote-1)\*

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.

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 *РОn* (если они установлены соответствующим регламентом) или установить их (если эти показатели находятся в стадии рассмотрения) для соответствующего значения вероятности (процентов времени) *Fn*, 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 *rn* отношения сигнала к шуму *r* = *C*/*N*Σ, обеспечивающие получение заданных величин *РОn*.

Символ *N*Σ в настоящей Рекомендации означает сумму теплового шума и помех, воздействующих на затрагиваемую линию до возникновения исследуемых помех *N*Σ = *N* + Σ*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 = *С*(*t*)/*N*Σ, которая отличается от *F*(*C*) только шкалой независимой переменной, так и функции распределения *F*(*ri*) для отношения сигнала к сумме шумовой и рассчитанной помех *ri* = *C*(*t*)/(*N*Σ + *I*(*t*)). Функция распределения *F*(*ri*) 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 − *Fn*) полностью совпадает с условием *r* ≥ *rn* с той же вероятностью (для того же процента времени). На основе этого можно осуществить оценку ПЗЭ при помощи функции распределения *F*(*r*0), *F*(*ri*) не прибегая к расчету функций распределения показателей качества. Этот важный момент следует пояснить: если заданная величина показателя качества оказывается нарушенной с вероятностью *Fn*, то необходимо и достаточно сохранить отношение сигнала к шуму плюс помеха на уровне ниже соответствующей величины *rn* с такой же вероятностью *Fn*. (В настоящем документе совокупные функции распределения *F*(*r*0), *F*(*ri*) означают *F*(*r* ≤ *r*0), *F*(*r* ≤ *ri*).)

Исходя из вышеупомянутого, величина ПЗЭ для показателя качества *РОn,* определенного с вероятностью *Fn* нарушения этой величины, составит:

*ПЗЭn* = 10 log[(*C*0 + Δ*C*)/*C*0] = *r*0(*Fn*) – *ri*(*Fn*), дБ (1)

где *r*0(*Fn*), *ri*(*Fn*) – величины отношения сигнала к шуму и отношения сигнала к шуму плюс помеха с вероятностью *Fn*, установленные для показателя качества (также выраженного в дБ), *С*0 – номинальная величина полезной мощности сигнала. Уравнение (1) хорошо проиллюстрировано на рисунке 1, где *rn* – пороговая величина отношения сигнал к шуму, соответствующая необходимой величине показателя качества с вероятностью *Fn*, *М*0 – запас энергии при отсутствии оцениваемой помехи, *Мi* – запас энергии при наличии помехи, *F*(*ri*1) – функция *F*(*ri*) с мощностью сигнала, увеличенной величиной ПЗЭ.

Очевидно, что это уравнение действительно для любого заданного значения вероятности *F*, т. e. для краткосрочных и долгосрочных показателей качества. Если для различных вероятностей *Fn* 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*(*ri*,*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. e. *С* = *пост*, *I* = *пост*, *N* = *пост*, как это обычно делается при расчете взаимной помехи между геостационарными спутниковыми сетями.

В этом случае *F*(*r*0) и *F*(*ri*) становятся функциями δ, расположенными в *r*0 = *C*/*N*Σ и в *ri* = *C*/(*N*Σ + *I*) и для любой вероятности *F*:

. (2)

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

В этом случае *F*(*ri*) имеет такую же форму, что и *F*(*r*0), и отличается лишь величиной независимой переменной (*N*Σ + *I*)/*N*Σ (т. e. со смещением влево на эту величину, как показано на рисунке 1). Это значит, что ПЗЭ имеет такую же величину для любой вероятности *F*, т. e. она одинакова для расчета критерия долгосрочного и краткосрочного периода и может быть рассчитана с использованием простого уравнения (2).

РИСУНОК 1



3 В случае постоянного сигнала (*C* = *пост*) и переменной помехи (*I*(*t*) = var) (например помеха геостационарной земной станции, создаваемая микроволновой линией) *F*(*r*0) является функцией δ, расположенной в *r*0, а *F*(*rI*) 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 электромагнитной совместимостью.

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

1. \* В 2019 году 1-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла поправки редакционного характера в настоящую Рекомендацию в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 1. [↑](#footnote-ref-1)