

1. Общие требования и рекомендации по методам измерений уровней полезного и мешающего сигналов и контроля защитных отношений для систем наземного эфирного телевизионного и звукового вещания

1.1 Общие положения

1.1.1 Контроль защитных отношений в наземных эфирных сетях осуществляется по результатам измерений уровня напряженности поля в точке приема без непосредственного подключения к высокочастотному тракту радиопередатчика.

Измеренное значение защитного отношения должно удовлетворять требованиям, приведенным в Нормам 24-13, с учетом погрешности, приписанной используемой методике измерений.

Данные методы измерений применяются при измерении зон обслуживания, проведении натурных испытаний на электромагнитную совместимость РЭС наземного эфирного телевизионного и звукового вещания, а также при необходимости количественной оценки ухудшения качества приема в случаях возникновения радиопомех на этапе эксплуатации РЭС.

1.1.2 Контроль защитных отношений проводят при работе радиопередатчика в штатном режиме.

1.1.3 Метрологические характеристики используемых средств измерений и вспомогательного оборудования должны обеспечивать необходимую точность измерений. Конкретные требования к ним должны определяться в соответствующих методиках измерений, уточняющих настоящие методы измерений.

1.2 Условия измерений

1.2.1 Условия окружающей внешней среды:

– температура и давление окружающей среды, относительная влажность воздуха, определяются рабочими условиями, в которых разрешено использование СИ и вспомогательных средств;

– отсутствие осадков;

– воздействие на антенну различных факторов окружающей внешней среды, приводящих к увеличению погрешности измерения (самопроизвольное изменение положения измерительной антенны вследствие воздействия на нее ветровой нагрузки, изменение характеристик антенны при расположении в непосредственной близости от отражающих поверхностей, наличие импульсных и других видов помех), должно быть снижено до такого уровня, когда вызываемая этими факторами дополнительная погрешность не будет превышать допустимой величины, установленной конкретной методикой измерений.

При отличии реальных условий измерения от нормальных, в погрешности измерений должна учитываться дополнительная погрешность.

1.2.2 Испытуемый радиопередатчик должен работать в одном из штатных режимов, предусмотренных в ТУ на радиопередатчик.

1.2.3 В ходе измерений необходимо уменьшить влияние электромагнитных излучений и колебаний посторонних источников, а также отражений и переизлучений основного сигнала от местных предметов (многолучевый прием), на результаты измерений и контроля до допустимых уровней. Требования к допустимым уровням помеховых излучений должны быть определены в соответствующих методиках измерений, уточняющих настоящие методы измерений.

1.2.4 Минимальное расстояние между антенной испытуемого передатчика D_a и измерительной антенной установки $D_{иа}$ должно соответствовать дальней зоне этих антенн и определяется одним из следующих уравнений:

$$r_{\min} = \frac{2D^2}{\lambda_0}, \text{ если } D_a < 0,4 \times D_{иа} \text{ или } D_{иа} < 0,4 \times D_a, \quad (1)$$

где D – максимальный размер раскрыва наибольшей из антенн, м², или

$$r_{\min} = \frac{5D_a D_{иа}}{\lambda_0}, \text{ если } D_a \approx D_{иа}. \quad (2)$$

Для слабонаправленных антенн минимальное расстояние между ними должно удовлетворять условию $r_{\min} \geq \lambda_0$.

Измерительная антенна должна быть установлена в пространстве в соответствии с поляризацией измеряемого сигнала и по направлению к антенне передатчика, при этом необходимо настроиться на максимум принимаемого сигнала.

Стандартной высотой подвеса антенны для измерения напряженности поля является высота 10 м над уровнем земли. При уменьшении высоты подвеса измерительной антенны необходимо учитывать это снижение.

1.2.5 Для достижения требуемой точности измерений выполняют несколько наблюдений на каждой измерительной площадке. Для определения необходимого количества наблюдений выполняют мониторинг измеряемого уровня в течение не менее 2-х минут и определяют максимальное U_{\max} и минимальное U_{\min} значение наблюдаемого уровня. В зависимости от требуемой доверительной вероятности и погрешности измерений, а также полученного размаха $U_{\max} - U_{\min}$ по таблице 1 определяют необходимое количество наблюдений.

Таблица 1

Доверительная вероятность, %	Погрешность измерения, дБ	Размах $U_{\max} - U_{\min}$, дБ			
		0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20
90	1	3	11	24	43
90	1,5	2	5	11	19
95	1	4	15	35	61
95	1,5	2	7	15	27

Рекомендуется выполнять каждое наблюдение при расположении приемной антенны в различных точках пространства, отстоящих друг от друга на расстоянии $0,8\lambda$, если это возможно. При этом необходимо каждый раз производить согласование приемной антенны с передающей антенной по направлению и по поляризации, добиваясь максимума принимаемого сигнала.

1.3 Метод прямых измерений уровня сигнала и контроля защитных отношений для систем наземного эфирного аналогового телевизионного и звукового вещания

1.3.1 Измерительный приемник подключают к измерительной антенне с согласованием входа измерительного приемника с выходом измерительной антенны.

1.3.2 Последовательно перестраивая селективный микровольтметр (анализатор спектра) на частоты несущих изображения и звукового сопровождения полезного телевизионного сигнала или сигнала звукового вещания и мешающих сигналов, измеряют уровни этих несущих $U_{с}^j$, $U_{п}^j$ ¹.

¹ индекс j означает j -ое наблюдение.

1.3.3 Для достижения требуемой точности измерений выполняют несколько наблюдений в соответствии с п. 1.3.2. Определение необходимого количества наблюдений выполняют в соответствии с п. 1.2.5 по таблице 1.

Рекомендуется выполнять каждое наблюдение при расположении приемной антенны в различных точках пространства, отстоящих друг от друга на расстоянии $0,8\lambda$, если это возможно. При этом необходимо каждый раз производить согласование приемной антенны с передающей антенной по направлению и по поляризации, добиваясь максимума принимаемого сигнала (см. п. 1.2.4).

1.3.4 Рассчитывают средние значения уровня сигнала и уровня помех на входе измерительного приемника по следующим формулам

$$U_c = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N U_c^j; U_n = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N U_n^j, \quad (3)$$

где U_c – уровень полезного сигнала, В;

U_n – уровень мешающего сигнала, В.

Если результаты измерений были выражены в В (мкВ), то их выражают в децибелах относительно 1 мкВ $U'[\text{дБ}(\text{мкВ})] = 20\log(U[\text{мкВ}])$.

1.3.5 Для станций телевизионного эфирного вещания учитывается дополнительное ослабление помехи, вносимое направленной приемной антенной.

В целях корректного расчета защитного отношения на входе телевизионного приемника по результатам измерения напряженностей полей сигнала и помехи, которое будет соответствовать случаю использования стандартной приемной антенны, учитывается дополнительное ослабление помехи за счет направленности и поляризации антенны в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.419-3, определяемое из графиков, приведенных на рисунке 1. Для станций эфирного звукового вещания направленные свойства приемной антенны не учитываются.

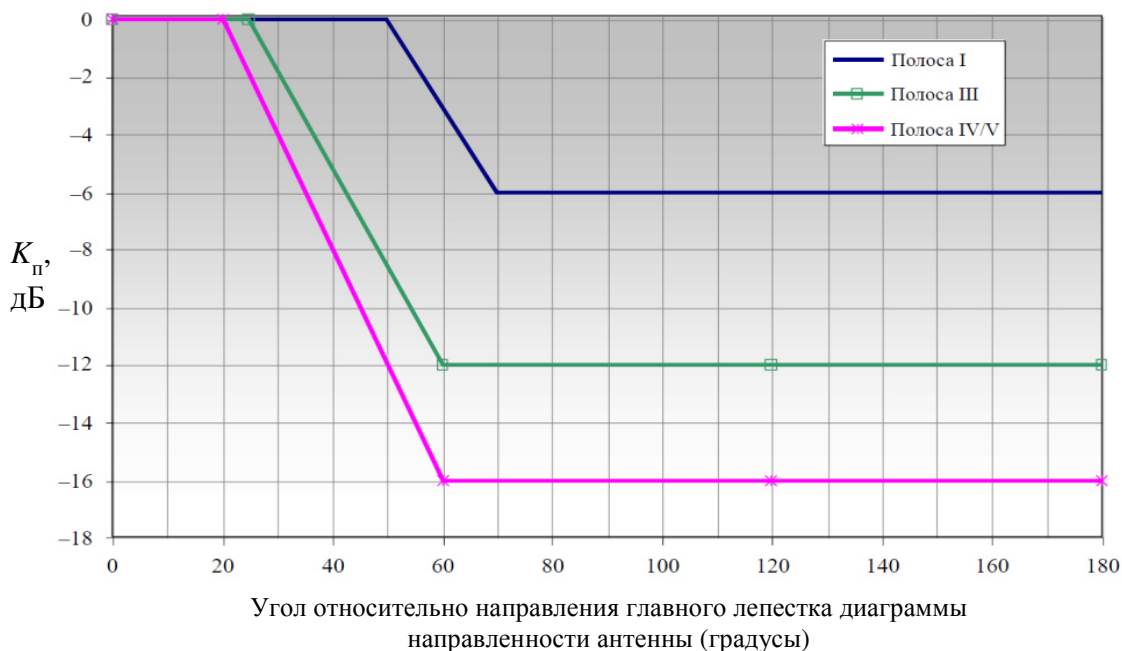


Рисунок 1 – Поправка, учитывающая направленность приемных антенн в полосах частот I – V.

Скорректированное значение помехи, учитывающее дополнительное ослабление:

$$U_n^* = U_n' + K_n, \quad (4)$$

где U_n – напряженность поля помехи в точке приема в дБ(мкВ/м);

K_n – поправка на направленность приемной антенны и развязку по поляризации в дБ.

Кривые на рисунке 1 достоверны для сигналов с вертикальной и горизонтальной поляризацией в тех случаях, когда полезный и мешающий сигналы имеют одинаковую поляризацию. В этом случае развязку по поляризации учитывать не нужно.

При ортогональной поляризации объединенную развязку, обеспечиваемую за счет направленности и ортогональности, нельзя вычислить путем сложения отдельных значений избирательности. Однако на практике установлено, что в полосах частот I – V диапазонов наземного телевизионного вещания для всех углов азимута может применяться величина объединенной развязки, которая учитывает и направленность, и поляризацию приемной антенны, равная $K_{\Pi} = -16$ дБ.

1.3.6 Отношение сигнала к помехе A [дБ] вычисляют

– для систем наземного эфирного звукового вещания по формуле

$$A = U'_c - U'_\Pi, \quad (5)$$

– для систем наземного эфирного аналогового телевизионного вещания

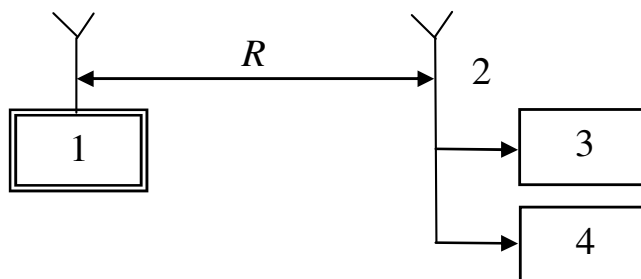
$$A = U'_c - U_{\Pi}^*, \quad (6)$$

1.3.7 В случае, когда частоты полезного и мешающего сигналов близки друг к другу так, что селективный вольтметр (анализатор спектра) не позволяет их разделить, измерение проводят при выключении одного из передатчиков.

1.3.8 Полученное значение защитного отношения удовлетворяет норме $A_{\text{тр}}$, если выполняется условие $A \geq A_{\text{тр}}$ с учетом погрешности, приписанной используемой методике измерений.

1.4 Рекомендации по контролю защитных отношений для систем наземного эфирного цифрового телевизионного и звукового вещания.

1.4.1 Собирают измерительную установку в соответствии со структурной схемой, приведенной на рисунке 2.



1 – контролируемый радиопередатчик; 2 – измерительная антенна;
3 – анализатор спектра; 4 – измеритель вероятности ошибки BER (для измерения параметров РЭС цифрового звукового и телевизионного вещания).

Рисунок 2 – Схема подключения оборудования при измерении защитных отношений радиопередатчика.

1.4.2 Перестраивая измерительный приемник (анализатор спектра) в диапазоне частот контроля, настраиваются на частоту сигнала.

1.4.3 На рабочей частоте производят согласование приемной антенны с передающей антенной по направлению и по поляризации, добываясь максимума принимаемого сигнала (см. п. 1.2.4).

1.4.4 Измеряют среднее значение уровня U_{c+n}^j , соответствующее сумме уровней сигнала и помехи на входе измерительного приемника.

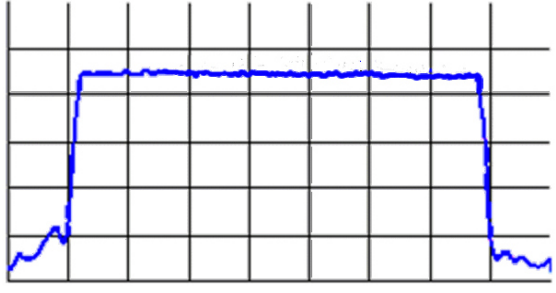
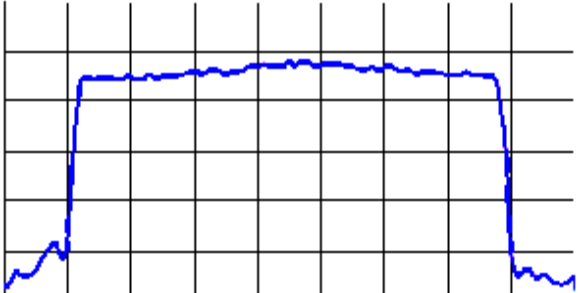
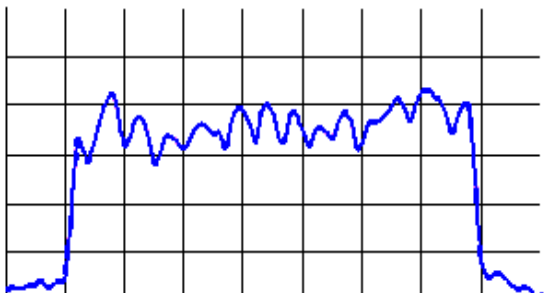
В процессе наблюдения спектра следует визуально анализировать наличие помех в процессе измерений, степень изменчивости спектра контролируемого излучения и характеристики качества сигнала (для передатчиков цифрового звукового и цифрового телевизионного вещания контролируется значение вероятности ошибки BER, которое не

должно превышать требований, приведенных в Нормах 24-13). Когда изображение спектра перестанет изменяться, следует зафиксировать результат измерения.

Примечание: Если обнаружено, что в процессе проведения измерения характер анализируемого излучения существенно изменился, или огибающая спектра сигнала и мгновенной частоты показали наличие кратковременных помех, повлиявших на результат измерения, то измерение следует повторить.

Вследствие явлений отражения, затенения и приема сигналов от нескольких передатчиков одночастотных сетей стандартов DVB-T, DVB-T2¹ принимаемый спектр может искажаться. Порядок этого искажения, количественно оцениваемый стандартным отклонением огибающей спектра (σ_{sp}) сигнала, определяет канал приема, указанный в таблице 2.

Таблица 2

Наименование типа канала приема	Значение σ_{sp}	Вид спектра
Канал Гаусса	$0 \text{ дБ} \leq \sigma_{sp} \leq 1 \text{ дБ}$	
Канал Райса	$1 \text{ дБ} < \sigma_{sp} < 3 \text{ дБ}$	
Канал Рэлея	$\sigma_{sp} \geq 3 \text{ дБ}$	

Стандартное отклонение огибающей спектра (σ_{sp}) сигнала вычисляют на интервале частот от $F_c - 3,8 \text{ МГц}$ до $F_c + 3,8 \text{ МГц}$ по формуле:

¹Необходимо отметить, что в настоящее время требований к защитным отношениям для радиопередатчиков цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T2 в Нормах 24-13 нет. Однако представленные методы позволяют измерять уровни сигнала и помехи для данного стандарта и поэтому они могут быть использованы для целей контроля при последующем введении норм на защитные отношения к радиопередатчикам цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T2.

$$\sigma_{sp} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_i - \mu)^2}{(n-1)}}, \quad (7)$$

где n – количество отсчетов на интервале частот от $F_c - 3,8$ МГц до $F_c + 3,8$ МГц (F_c – центральная частота ТВ-канала);

$U_1 \dots U_n$ – значения отсчетов в спектре сигнала, (дБ(мкВ) или дБ(мВт));

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i$$

– среднее арифметическое значение.

В зависимости от канала приема вносится поправочное значение C (σ_{sp} -поправка), которое вычитается из каждого измеренного значения в соответствии со следующей формулой:

$$C_\sigma = \frac{\frac{C}{N_{Rayleigh}} + \frac{C}{N_{Gauss}}}{2} (\sigma_{sp} - 3), \quad (8)$$

где $C/N_{Rayleigh}$ и C/N_{Gauss} берутся из соответствующих международных текстов, таких как Соглашение GE06, в зависимости от используемого варианта системы.

Формула (8) устанавливает линейную интерполяцию между значениями σ_{sp} и далее на границах гауссовского/релевского (1 дБ) и райсовского/релевского (3 дБ) каналов. Значение C_σ может принимать отрицательные значения.

1.4.5 Настраивают измерительный приемник (анализатор спектра) на измерение уровня помехи и фиксируют среднее значение уровня помехи на входе измерительного приемника U_I^j .

1.4.6 Для достижения требуемой точности измерений в соответствии с п.п. 1.4.4 и 1.4.5 выполняют несколько наблюдений U_{C+I}^j и U_I^j . Определение необходимого количества наблюдений выполняют в соответствии с п. 1.2.5 по таблице 1.

Рекомендуется выполнять каждое наблюдение при расположении приемной антенны в различных точках пространства, отстоящих друг от друга на расстоянии $0,8\lambda$, если это возможно. При этом необходимо каждый раз производить согласование приемной антенны с передающей антенной по направлению и по поляризации, добиваясь максимума принимаемого сигнала (см. п. 1.2.4).

1.4.7 Рассчитывают средние значения уровня сигнал+помеха и уровня помех на входе измерительного приемника по следующим формулам

$$U_{C+I} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N U_{C+I}^j ; U_I = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N U_I^j. \quad (9)$$

Уровень сигнала, выраженный в абсолютных единицах мкВ/м, определяют из формулы

$$U_C = U_{C+I} - U_I, \quad (10)$$

1.4.8 Для станций телевизионного эфирного цифрового вещания учитывается дополнительное ослабление помехи, вносимое направленной приемной антенной, в соответствии с п. 1.3.5.

Скорректированное значение помехи, учитывающее дополнительное ослабление, находится из выражения:

$$U_I^* = U_I + K_\Pi, \quad (11)$$

где U_I – напряженность поля помехи в точке приема, дБ(мкВ/м);

K_Π – поправка на направленность приемной антенны и развязку по поляризации в дБ, определяемая в соответствии с п. 1.3.5.

1.4.9 Полученное значение защитного отношения удовлетворяет норме $A_{тр}$, если выполняется условие:

– для систем наземного эфирного цифрового звукового вещания

$$U_C - U_I \geq A_{тр}, \quad (12)$$

где значения U_I и U_C выражены в относительных единицах дБ(мкВ/м).

– для систем наземного эфирного цифрового телевизионного вещания

$$U_C - U_I^* \geq A_{\text{тп}}, \quad (13)$$

где значения U_I^* и U_C выражены в относительных единицах дБ(мкВ/м).