

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВТ.1735

Методы объективной оценки качества в зоне покрытия сигналами цифрового наземного телевизионного вещания системы В, определенной в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1306

(Вопрос МСЭ-R 100/6)

(2005)

Сфера применения

Цель настоящей Рекомендации – представить методы для оказания помощи при оценке качества в зонах покрытия и обслуживания для цифрового телевизионного вещания в системе В. В этой Рекомендации учитываются подходящие рекомендации МСЭ-R. Для заявленной цели доступны два метода.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- а) что в п. 2.6 Рекомендации МСЭ-R SM.1682 – Методы для измерений цифровых радиовещательных сигналов – указываются параметры, подлежащие измерению для оценки качества в зоне покрытия;
- б) что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1368 определяются и широко используются администрациями параметры планирования, такие как минимальная напряженность поля, защитное отношение и отношение между минимальной напряженностью поля и напряжением на входе приемника;
- с) что в Рекомендации МСЭ-R P.1546 указываются и широко используются администрациями методы прогнозирования напряженности поля и высоты местных мешающих объектов для оценки поля;
- д) что существует потребность в полевых методиках для оказания помощи администрациям и Членам Сектора при оценке качества в зоне покрытия цифровым наземным телевизионным вещанием (ЦНТВ),

далее учитывая,

- а) что существует потребность в упрощенных методиках для оказания помощи монтажникам бытового электронного оборудования при оценке объективного качества цифрового сигнала в приемнике конечного пользователя,

рекомендует,

- 1** чтобы для описания объективного качества в зоне покрытия, основанного на пятибалльной шкале, как ранее было определено в Рекомендации МСЭ-R ВТ.500, использовалась модель в соответствии с п. 3 Приложения 1;
- 2** чтобы использовалась шкала качества, представленная в таблице 1 п. 3 Приложения 1;
- 3** чтобы использовались методы измерения, описанные в пп. 5, 6 и 7 Приложения 1,

далее рекомендует,

- 1** чтобы для оценки объективного качества цифрового сигнала в приемнике конечного пользователя использовался упрощенный метод, представленный в Приложении 2;
- 2** чтобы использовалась упрощенная шкала качества, представленная в таблице 3 п. 2 Приложения 2.

Приложение 1

Стандартный метод объективной оценки качества в зоне покрытия сигналами цифрового телевизионного вещания для системы В

1 Объективная оценка качества в зоне покрытия

Покрытие конкретной зоны, определяемой методом прогнозирования, должно проверяться "полевыми" измерениями, что позволит оценить результаты прогнозирования. С точки зрения качества зону покрытия можно определить с помощью метода прогнозирования, используя "вероятность местоположений". Таким же образом с помощью методов измерений можно оценить концепцию "воспринимаемого качества", относящуюся к конечному пользователю. Система приема цифрового наземного телевидения работает на основе "порогового" уровня, и воспринимаемое качество зависит от трех факторов: доступ к службе, готовность по времени и готовность по местоположениям.

2 Параметры, подлежащие оценке

Как сообщалось в п.2.6 действующей версии Рекомендации МСЭ-R SM.1682, параметрами, подлежащими оценке, являются: напряженность поля и коэффициент ошибок в битах (BER) после различных этапов декодирования (здесь предполагается получить величину BER до декодирования Витерби – (CBER)). Соответствующая величина BER после декодирования Витерби (VBER) используется для определения порога состояния, соответствующего почти безошибочному приему (QEF). В ходе проведения измерений должен также записываться еще один параметр. Это – коэффициент ошибок модуляции (MER) на передающей стороне. MER представляет собой синтетическую форму анализа группировки. Если величина MER на передающей стороне ниже установленного значения, например, 32 дБ¹, измерительные работы должны быть остановлены из-за возможных отказов передачи.

3 Шкала объективного качества для системы В

Хорошо известно, что напряженность поля, измеренная на приемных пунктах, изменяется с изменением местоположения и высоты приемной антенны. Эта изменчивость, при постоянной плотности потока мощности (п.п.м.), зависит от комбинации амплитуды и фазы сигналов на нескольких трассах, которые достигают приемной антенны. Изменчивость проявляется в большей степени для сигналов незатухающей волны (CW), чем для широкополосных сигналов. Трассы прохождения отраженных сигналов могут вносить как позитивные, так и негативные вклады. Негативные вклады ассоциируются с межсимвольной интерференцией, которая происходит, когда задержка на одной или нескольких трассах превышает защитный интервал. Возможные позитивные вклады создаются, когда задержка на трассе меньше защитного интервала. Наличие нескольких трасс, сигналы которых попадают в пределы защитного интервала, могут привести к аддитивным или субтрактивным вкладам в зависимости от реализации мягкого решения Витерби, фиксированного или подвижного окна исследований и фазы сигналов на трассах. Собственная нелинейность, относящаяся к мягкому решению Витерби, уровни защиты, временная и пространственная дисперсия приводят в результате к слабой корреляции между напряженностью поля и BER. Вопрос о существовании корреляционного закона еще подлежит изучению.

Система оценки качества для аналогового сигнала была основана как на напряженности поля, так и на пятибалльной шкале субъективной оценки качества (Q). Оценка Q5 соответствует качеству "отлично", оценка Q1 соответствует качеству "очень плохо". Порог приемлемости устанавливается на оценке Q3. В цифровой среде ситуация совершенно иная, и важно отметить разницу между методами оценки качества при сжатии и оценки качества в зоне покрытия вещанием. Для оценки метода

¹ Минимальное допустимое значение MER все еще изучается в сторону его возможного увеличения.

сжатия, такого как MPEG, сохранена пятибалльная шкала оценок. Для целей проведения оценок качества в зоне покрытия вещанием по-видимому труднее сохранить метод, основанный на пятибалльной шкале, из-за быстрого перехода ситуации от обслуживания до отсутствия обслуживания. Тем не менее, можно опять сохранить пятибалльную шкалу, если каждой оценке приписать значение расстояния от точки перехода. Оценка величины расстояния от точки перехода весьма важна, поскольку измерительное оборудование как правило размещается перед приемной системой конечного пользователя, обычно состоящей из антенны, распределительной системы и преобразователя (для подключения кабельного телевидения). Толкование оценки объективного качества в зоне покрытия цифровыми сигналами *не следует смешивать* с толкованием оценки качества аналоговых сигналов.

Для фиксированного приема должна использоваться пятибалльная шкала, приведенная в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Шкала качества в зоне покрытия ЦНТВ

Напря- женность поля \ BER	$VBER > 2 \times 10^{-4}$	$VBER \leq 2 \times 10^{-4}$ и отношение CBER ≤ 10	$VBER \leq 2 \times 10^{-4}$ и отношение CBER от 10 до 100	$VBER \leq 2 \times 10^{-4}$ и отношение CBER > 100
$E < E_{70}$	Q1	Q2	Q2	Q2
$E_{70} \leq E < E_{95}$	Q2	Q3	Q3	Q4
$\geq E_{95}$	Q2	Q3	Q4	Q5

CBER: Канал BER или BER до Витерби

VBER: BER после Витерби

Отношение CBER = $CBER_{min}/CBER$,

где:

E_{70} или E_{95} ² представляет минимальную медианную напряженность поля, необходимую для вероятности местоположений 70% или 95% (Справочник по ЦНТВ, часть 5 (издание 2002 года) и Рекомендация МСЭ-R ВТ.1368). Величина E_{70} или E_{95} зависит от принятой конфигурации.

$CBER_{min}$ – это значение, представляющее случай, когда значение VBER равно 2×10^{-4} (условие QEF), и оно зависит от принятой скорости кодирования. Значения $CBER_{min}$ для наиболее используемых конфигураций перечислены ниже в таблице 2. Следует отметить, что эти значения не меняются при изменении частоты и схемы модуляции. Чтобы определить значения для других скоростей кодирования, требуются дальнейшие исследования.

ТАБЛИЦА 2

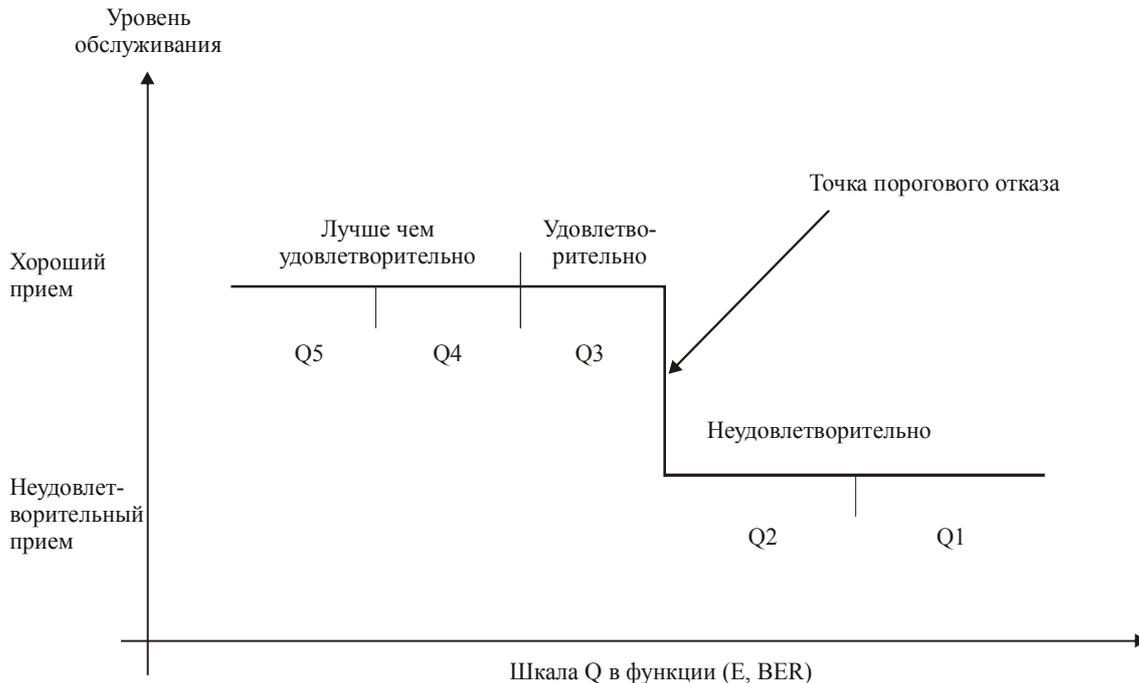
Значения $CBER_{min}$ для различных скоростей кодирования

Скорость кодирования	$CBER_{min}$
2/3	4×10^{-2}
3/4	2×10^{-2}

² E_{70} или E_{95} могут также представлять данные для планирования, выбранные администрациями.

4 Толкование шкалы в таблице 1

РИСУНОК 1



1735-01

Шкала качества представляет расстояние от точки перехода, называемой также точкой порогового отказа. Каждое значение Q является функцией E и BER. Оценка Q2, показанная на горизонтальной линии таблицы, означает, что напряженность поля ниже минимального значения, заданного процедурой планирования. В таких случаях не может быть гарантирована какая-либо защита от помех. Q2, показанная в виде вертикальной линии, означает, что появляется пороговый отказ. В первом случае можно перейти к оценке Q3 путем повышения передаваемой мощности или путем модификации диаграммы направленности антенны. Во втором случае можно перейти к Q3 путем снижения помех или уровня помех из-за многолучевости.

5 Измерения на фиксированной высоте

В этом виде измерений приемная антенна размещается на мачте и поднимается на высоту примерно 10 м над уровнем земли, так что антенна будет располагаться выше местных мешающих предметов или препятствий. Результаты измерений могут быть воспроизведены в любое время с помощью простой установки фиксированной системы приема, которую обычно можно найти на станциях контроля. Измерения на фиксированной высоте могут быть полезны только для формальных оценок, условно произведенных на высоте 10 м над уровнем земли (высота такая же, что и для случая использования в методе прогнозирования распространения, принятом для целей планирования).

В реальных ситуациях измеренная напряженность поля определяется фазовой структурой принимаемых сигналов нескольких трасс. Поэтому окончательный результат зависит от двух параметров: местоположения приемной антенны и вертикального изменения напряженности поля. При использовании антенн высотой в половину длины волны можно выделить три конкретные ситуации, в которых:

- разность между максимумами вертикального изменения напряженности поля меньше половины длины волны: измеренная напряженность поля эквивалентна полю прямой трассы;

- разность между максимумами вертикального изменения напряженности поля больше половины длины волны: измеренная напряженность поля может быть выше или ниже поля прямой трассы;
- первое максимальное значение превышает 10 м: измеренная напряженность поля увеличивается с высотой.

Измерения на фиксированной высоте могут использоваться для описания зоны обслуживания только в случаях, когда результат соответствует категориям оценки Q4 и Q5: это означает напряженность поля, превышающую E_{min} , а также отсутствие помех в канале передачи. В таких случаях возможно ассоциировать измеренное значение с "зоной достоверности" (area of validity). Размер зоны достоверности должен определяться на основе условий окружающей среды, расстояния от передатчика, вертикального изменения напряженности поля и высоты первого максимума напряженности поля. Согласно опыту проведения оценок аналоговых сигналов указывается радиус зоны достоверности максимум до 10 км.

Если результаты объективного качества ниже оценки Q4, необходимо оценить вертикальное изменение напряженности поля, а затем в конечном счете и горизонтальное изменение напряженности поля.

Результаты объективного качества Q5 и Q4 указывают, что рассматриваемой службой достигнуто покрытие с оценкой "лучше чем удовлетворительно".

6 Вертикальное изменение напряженности поля

Величины напряженности поля и BER непрерывно изменяются в процессе установки антенны на высоту до 10 м над уровнем земли. Эти величины зависят от комбинации сигналов различных трасс и в конечном счете от наличия препятствий на низких высотах. Если оцениваемое объективное качество ниже Q4 при расположении антенны на высоте примерно 10 м, необходимо проверить, превышалась ли для объективного качества оценка Q3 в процессе установки антенны. Должно быть точно определено расположение антенны, подходящее для приема. Определяемая в таких случаях объективная оценка качества сообщается в качестве достоверной информации, а зарегистрированное VV (Изменение по вертикали) включается в результаты измерения. Было установлено, что радиус зоны достоверности составляет максимум 2 км.

Объективная оценка качества Q3 подобна оценке уровня в зоне покрытия, принятой в системе планирования.

7 Горизонтальное изменение напряженности поля

При использовании метода вертикального изменения напряженности поля объективная оценка качества остается всегда ниже чем Q3, при этом необходимо проверить, зависит ли такой результат от неудачного выбора точки измерения, или это связано с исследуемой зоной.

В таких случаях необходимо выбрать другие точки измерения поблизости от первой выбранной точки. Если относящиеся к новым точкам результаты снова будут ниже чем Q3, то в качестве достоверной информации следует сообщить наилучший полученный результат, а также относительный диапазон достоверности. Диапазон достоверности должен быть тем шире, чем больше расстояние между точками измерения.

Приложение 2

Упрощенный метод объективной оценки качества цифрового сигнала в приемнике пользователя для системы В

1 Вводная информация

В Приложении 1 приведен метод использования шкал объективного качества для служб цифрового телевидения. Он основан на полевых измерениях (в рабочем режиме) как напряженности поля на конкретной высоте, так и BER (CBER и VBER – до и после детектирования Витерби). Для данного метода могут потребоваться дорогостоящие экипированные автомобили и измерительные приборы.

На ранних этапах развития цифровой службы ожидалось, что возникнет большая потребность в проведении оценок качества сигнала с применением широкого разнообразия недорогих измерительных приборов, особенно тех, которые, вероятно, будут использоваться монтажниками бытового электронного оборудования. Для удовлетворения этих потребностей предлагается упрощенный метод оценки качества цифровых сигналов, который сравним с установленным подходом для аналогового телевидения (измерение уровня сигнала вместе с субъективной оценкой качества сигнала).

Обработка результатов измерений показала, что комбинированное измерение, включающее измерение как мощности незатухающего сигнала в канале, так и запаса C/N на отказ, обеспечило оценку качества сигнала, которая сравнима по надежности с оценкой, полученной при использовании более сложного метода. То есть, если получены надлежащий уровень сигнала и надлежащее значение запаса C/N , то тогда можно считать, что телезритель будет иметь возможность приема цифровых сигналов. Сравнение с измеренными значениями запаса C/N и BER навело на мысль, что подобное значение запаса будет получено для любого параметра в любом конкретном месте проведения испытаний, поэтому было согласовано, что для рассматриваемой цели достаточно будет применять более простой метод "запаса по уровню".

2 Упрощенная шкала качества цифрового сигнала

Данные, которые были собраны во время проведения обследования, позволили разработать предлагаемую шкалу качества сигналов, основанную на измерении уровня и запаса по уровню. Эта шкала имеет форму шкал, предложенных в Приложении 1, и описывается ниже.

Эта шкала качества цифрового сигнала требует измерения как уровня принимаемого сигнала, так и запаса по уровню сигнала на отказ (headroom). Три диапазона уровней сигнала и три диапазона запасов объединяются, чтобы составить 5-балльную шкалу качества, в которой оценки 1 и 2 соответствуют неприемлемому качеству, оценка 3 является приемлемой, а оценки 4 и 5 означают хорошее качество.

Измеренная шкала качества имеет следующий вид:

ТАБЛИЦА 3

Шкала качества сигналов

Напряжение на входе приемника (дБмкВ)	Запас M выше точки отказа (дБ)		
	$M \leq 5$	$5 < M < 10$	$10 \leq M$
$V \leq V_{min}$	1	2	3
$V_{min} < V < V_{min} + 6$ дБ	2	3	4
$V_{min} + 6$ дБ $\leq V$	3	4	5

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – V_{min} превышает минимальный уровень сигнала, пригодного к эксплуатации (точка отказа), на величину, определяемую процедурой планирования отдельной администрации (возможно на 5 дБ).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – При отсутствии других ухудшений категории уровней сигнала и запаса согласуются друг с другом (то есть: для условий эксплуатации при наличии только шумов случай $V \leq V_{min}$ в паре с $5 \text{ дБ} < M < 10 \text{ дБ}$ обеспечивает ту же оценку качества, что и случай $V_{min} < V < V_{min} + 6$ дБ в паре с $M \leq 5$ дБ и т. д.).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Шаги 6 дБ выбраны отчасти произвольно, однако являются округленными числами, связанными с наблюдениями за разностью между минимальными пригодными к эксплуатации значениями напряженности поля: E50/50, E50/70, E50/95 и т. д.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Начальная информация предполагает уровни сигнала на приемных терминалах для точек отказа между 20 дБмкВ и 30 дБмкВ.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Оценка 3 (или выше) берется в качестве показателя, свидетельствующего о том, что имеет место приемлемое качество приема.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – "Запас" определяется путем внесения затухания и одновременного наблюдения за принимаемым изображением на предмет появления искажений.

ПРИМЕЧАНИЕ 7. – Комбинация приращений уровня сигнала и запаса обеспечит защиту от изменчивости по местоположениям наряду с некоторой защитой от изменчивости во времени (замирания).

Данный упрощенный метод требует наличия измерителя уровня цифрового сигнала, цифрового телевизионного приемника и аттенюатора и поэтому представляет испытательную систему, которая хорошо знакома опытному монтажнику аналоговых систем с точки зрения стоимости и сложности оборудования, метода использования и полученных результатов. Метод оценки заключается в определении уровня цифрового сигнала и последующем контроле за принимаемым сигналом с одновременным внесением затухания в приходящий полезный сигнал до тех пор, пока в воспроизводимом изображении не появятся искажения. В этом случае величина внесенного затухания является величиной запаса, который будет использоваться при оценке качества сигнала.

Хотя фактическая точка отказа в любом месте приема будет зависеть от комбинации уровня сигнала и величины других ухудшающих факторов (таких как многолучевое распространение и электронный импульсный шум), предполагается, что, несмотря на это, сохранится непосредственная взаимосвязь между различными измерениями качества сигнала, так что какое-либо одно измерение запаса будет так же полезно, как и любое другое измерение для цели определения качества цифрового сигнала или возможности его приема.

Предупреждающее примечание: Упрощенный метод (как и любой метод, вносящий затухание в сигнал для определения имеющегося запаса на отказ) может дать обманчивые результаты, если взаимосвязь между уровнем полезного сигнала и мешающим сигналом не постоянна. Появление этой ситуации может ожидаться, например, в случае, когда покрытие "ограничивается помехами" и длина трасс такова, что наблюдаются значительные замирания полезного или мешающего сигналов. В таких ситуациях может оказаться нецелесообразным применение упрощенного метода.

3 Замечания

Упрощенная шкала оценок качества содержит похожие значения как для категорий уровня полезного сигнала, так и уровней запаса, и таким образом обеспечивает определенное доверие к методу, описанному в Приложении 1.

Когда был сформулирован простой метод, оказалось, что на рынке появляются новые полевые приемники для проведения обследований, которые по-видимому предоставят возможности, более полно согласующиеся с методом Приложения 1. Эти новые приемники относятся к тому типу, который, как можно ожидать, будет использоваться монтажниками бытового оборудования и претендует на возможность проведения измерений BER. Если это действительно так, то тогда упрощенный метод не потребует, и методы, описанные в Приложении 1, будут практически применяться как для выполнения задач по изучению покрытия, так и в качестве помощи в правильной установке домашних приемных установок по системе В.

Полезной задачей в настоящее время была бы задача сбора информации о рабочих характеристиках появляющегося поколения испытательных приемников, с тем чтобы можно было показать, что метод Приложения 1 практичен и приемлем.
