Региональный семинар МСЭ для стран СНГ «Опыт внедрения и эксплуатации цифрового ТВ-вещания в странах СНГ», г. Москва, Российская Федерация, 16-18 февраля 2016 года

Зоны покрытия наземным цифровым телевизионным вещанием. Техническое обеспечение проведение измерений оборудование различных стран производителей

Ташланов В.А.
Сагымбаев А.А.
Мойдунов Т.Т.

- Задача Агентства связи: проверка обеспечения населения доступа к цифровому телевизионному
  вещанию
- Мероприятия: измерение зон покрытия цифровым наземным вещанием
- Критерии оценки: определение зоны уверенного приема по всем населенным пунктам Киргизской Республики
- Индикатор оценки: уровень напряженности поля

Оценка зон покрытия заключается в выполнении следующих процедур:

- Выбор мест проведения измерений
- Проведение измерений
- Обработка результатов измерений
- Отображение результатов измерений

Основные термины и определения

- Зона уверенного приема - территория, в пределах которой в присутствии внешних помех и шумов обеспечивается устойчивый прием ТВ- программ цифрового вещания с заданным качеством.
- Зона покрытия – территория, в пределах которой величина напряженности поля равна или превышает величину минимальной медианной напряженности поля, определенную для конкретных условий приема и с заданной вероятностью охвата мест приема.
- Место приема – географическое местоположение с известными координатами, в котором осуществляется прием радиосигнала.

- Минимальная медианная напряженность поля (Emed, дБ (отн. 1 мкВ/м)) – минимальное значение напряженности поля, необходимое для обеспечения требуемого качества приема в заданном проценте мест приема при наличии естественного или промышленного шума, но без помех от других передатчиков.
- Фиксированный прием – прием DVB-T2 сигнала на фиксированную направленную антенну, установленную:

  - для приема в условиях городской застройки – на высоте не менее 2 м от уровня крыш зданий;

  - для приема за городом (в сельской местности) – на высоте 10 м от уровня земли.

Выбор мест проведения измерений (метод радиального объезда)

- Количество радиальных направлений должно быть не меньше четырех. Медианное значение напряженности электромагнитного поля по каждому радиальному направлению от передатчика с излучаемой мощностью более 100 Вт измеряют следующим образом:

  Первое ближайшее место проведения измерений выбирают на расстоянии 5 км.

  Дальнейшие измерения проводят через каждые 2-5 км до получения медианного значения напряженности электромагнитного поля в соответствии с Рекомендацией ITU –R BT. 2033
- Следующие измерения проводятся через каждые 2 км до получения значения напряженности электромагнитного поля ниже минимального.

Медианное значение напряженности электромагнитного поля от маломощных передатчиков с излучаемой мощностью 100 Вт и меньше измеряют аналогично, однако первое место измерений избирают в зависимости от прогнозируемого радиуса зоны покрытия, но не дальше 2 км от передатчика.

Места для измерений должны быть размещены на расстоянии одно от одного не меньше 1 км. На местности, где проезд по радиальным направлениям невозможен, а также при необходимости более точного определения границы зоны измерения проводят в населенных пунктах, расположенных в разных направлениях и на разных расстояниях от передатчика.

Для равнинной местности точки измерения выбирают в местах, где отсутствуют высотные здания. Для пересеченной местности места измерений необходимо выбирать как на возвышенностях, так и в низине.

В Кыргызской Республике ввиду того, что преобладает горный ландшафт, населенные пункты расположены в долинах и имеют вытянутую форму. В таких населенных пунктах измерения целесообразно проводить в начале населенного пункта далее в его середине и последнее измерение в конце населенного пункта.

Выбранные места наносятся на карту и указывается медианное значение напряженности электромагнитного поля и расстояние до передатчика. По полученным данным строятся зависимости медианных значений напряженности электромагнитного поля от расстояния для разных направлений.

Проведение измерений

Рекомендация ITU-R SM.378-6 определяет требования к точности измерения напряженности электрического поля, в частности, значения максимальной погрешности измерения для станций, входящих в систему международного радиомониторинга, которые не должны превышать:

±2 дБ на частотах до 30 МГц включительно;

±3 дБ на частотах выше 30 МГц.

В тоже время в этой Рекомендация ITU-R SM.378-6 приводятся уточнения относительно указанных погрешностей, а именно: эти требования справедливы лишь при условии отсутствия влияния на измерения значительных уровней атмосферных и/или собственных шумов РПУ и внешних радиопомех

Факторы влияющие на точность измерения напряженности поля

- Интерференция поля в месте приема, явления сложения и вычитания нижней волны (переотраженной от ровной, подстилающей поверхностью и верхней (прямой).
- интерференция, обусловленная многократными переотражениями боковых лепестков излучения от скальных пород.

Суммарное влияние выше перечисленных факторов при определенных условиях может дать разброс при измерениях ± 10 дБ и выше.

Таким образом, Рекомендация ITU-R SM.378-6 точность измерения напряженности поля ±3 дБ на частотах выше 30 МГц не может быть выполнена.

Рекомендация ITU – R BT. 2033 Критерии планирования, включая защитные соотношения, для второй генерации цифрового наземного вещания в диапазоне VHF/UHF

DVB – T2 в 3-м диапазоне

Таблица 12

Параметр	Обозначение	Единица измерений	Фиксированный прием
Частота	Freq	МГц	200
Минимальное соотношение сигнал/шум	C/N	дБ	20.0
Вариант системы			256-QAM FEC2/3,32k,PP7 нормальный
Затухание кабеля	L_f	дБ	2
Коэффициент усиления антенны относительно полуволнового диполя	G_d	дБ	7

Таблица 12 продолжение

Параметр	Обозначение	Единица измерений	Фиксированный прием
Процент покрытия		**%**	**70**
Поправочный коэффициент покрытия	C_l	дБ	2.8842
Эквивалентная минимальная напряженность поля относительно высоты 10 метров, 50% по времени 50% покрытия	E_{med}	дБ(мкВ/м)	41.3
Эквивалентная минимальная напряженность поля относительно высоты 10 метров, 50% по времени 70% покрытия	E_{meds}	дБ(мкВ/м)	44.1842

Таблица 12 продолжение

Параметр	Обозначение	Единица измерений	Фиксированный прием
Процент покрытия		**%**	**95**
Поправочный коэффициент покрытия	C_l	дБ	9.04695
Эквивалентная минимальная напряженность поля относительно высоты 10 метров, 50% по времени 50% покрытия	E_{med}	дБ(мкВ/м)	47.4
Эквивалентная минимальная напряженность поля относительно высоты 10 метров, 50% по времени 70% покрытия	E_{meds}	дБ(мкВ/м)	56.44695

DVB – T2 в 4-м и 5-м диапазоне

Таблица 13

Параметр	Обозначение	Единица измерений	Фиксированный прием
Частота	Freq	МГц	650
Минимальное соотношение сигнал/шум	C/N	дБ	20.0
Вариант системы			256-QAM FEC2/3,32k,PP7
Затухание кабеля	L_f	дБ	4
Коэффициент усиления антенны относительно полуволнового диполя	G_d	дБ	11

Таблица 13 продолжение

Параметр	Обозначение	Единица измерений	Фиксированный прием
Процент покрытия		**%**	**70**
Поправочный коэффициент покрытия	C_l	дБ	2.8842
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля относительно высоты 10 метров, 50% по времени 50% покрытия	E_{med}	дБ(мкВ/м)	48.2
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля относительно высоты 10 метров, 50% по времени 70% покрытия	E_{meds}	дБ(мкВ/м)	51.0842

Таблица 13 продолжение

Параметр	Обозначение	Единица измерений	Фиксированный прием
Процент покрытия		**%**	**95**
Поправочный коэффициент покрытия	C_l	дБ	9.04695
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля относительно высоты 10 метров, 50% по времени 50% покрытия	E_{med}	дБ(мкВ/м)	54.3
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля относительно высоты 10 метров, 50% по времени 95% покрытия	E_{meds}	дБ(мкВ/м)	63.34695

Таким образом, при расчете эквивалентной минимальной напряженности поля происходит привязка к коэффициенту усиления антенны и затуханию в кабеле.

- Мобильные станции радиомониторинга как правило всегда оснащены 10-ти метровыми мачтами и калиброванными или измерительными антеннами. Коэффициент усиления антенн и затухание в антенном кабеле могут принимать различные значения, отличные от указанных в таблице.
- Параметры, учитывающие коэффициенты усиления антенн, в зависимости от частоты и затухание в антенном кабеле заранее просчитываются и вводятся в программное обеспечение мобильных станций в виде поправок для расчета напряженности поля.
- Напряженность поля можно также измерять одиночными приборами, портативными измерительными приемниками и анализаторами спектра при использовании 10-ти метровой мачты и калиброванных антенн. Но для получения достоверных результатов необходимо правильно выставлять режимы измерений.

Рекомендуемые режимы анализатора спектра при измерении напряженности поля DVB-T2:

- центральная частота, Fc (FREQ) – равная номинальной центральной частоте ТВ-канала;
- полоса обзора (SPAN) – от 8 до 10 МГц;
- полоса пропускания (RBW) – в пределах от 30 до 100 кГц;
- тип фильтра полосы пропускания (RBW) – нормальный (Normal);
- полоса видео фильтра (VBW=3 RBW) – в пределах от 100 до 300 кГц;
- период развертки (Sweep time): для фиксированного приема: – 2 с;
- детектор – среднеквадратический (RMS);
- режим отображения (TRACE) – “очистить/записать” (Clear/Write);
- единица отображения результата измерения (Unit) – дБ (отн. 1 мкВ).

Выбирают режим измерения мощности в канале (Power channel) и устанавливают ширину полосы канала (Channel bandwidth) равную 7,61 МГц.

Измерение напряжения сигнала проводится относительно 1 мкВ.

В случаях если анализатор спектра используется без специализированного программного обеспечения, учитывающего поправки для расчета напряженности поля, можно использовать формулы из Справочника по контролю за использованием спектра (издание Бюро радиосвязи МСЭ 2011года) и в ручную произвести расчет напряженности поля.

$$e(\text{дБ(мкВ/м)}) = vo(\text{дБ(мкВ/м)}) + ke(\text{дБ/(м)}) + ac(\text{дБ}) , \quad \text{где} \qquad (1)$$

e – напряженность поля,

vo – напряжение на входе измерительного приемника,

ke – эффективность (КПД) электрической приемной антенны (напряженность электрического поля E плоской волны, деленная на напряжение на выходе антенны Vo при ее номинальном сопротивлении нагрузки, которое обычно равно 50 Ом),

ac – затухание в радичастотном кабеле.

Также приводится формула расчета эффективности антенны

$ke = -29{,}77(\text{ дБ}) - g_i + 20 \log (f/\text{МГц}),$ (2)

$ke = -31{,}93(\text{ дБ}) - g_d + 20 \log (f/\text{МГц})$, где (3)

g_i – коэффициент усиления антенны относительно изотопного излучателя,

g_d – коэффициент усиления антенны относительно полуволнового вибратора,

f – частота.

В соответствии с формулой (1) и (3) можно вычислить условно называемый антенно-фидерный коэффициент

k_{af} = ke(дБ/(м)) + ac(дБ),

В нашем случае для примера возьмем величины из таблицы 13:

- частота 650 МГц;
- коэффициент усиления антенны относительно полуволнового диполя 11 дБ.

k_{af} = –31,93(дБ) – 11 +20 log 650+4=17,32 (дБ)

Таким образом, к измеренному значению напряжения на входе анализатора спектра необходимо прибавить величину условного антенно-фидерного коэффициента k_{af}.

Также следует добавить, что кроме напряженности поля необходимо измерять и другие параметры ЦТВ, такие как MER и BER. Это второй и третий по значимости параметры, характеризующие качество приема цифрового сигнала по мнению многих специалистов.

MER (Modulation Error Ratio) — коэффициент ошибок модуляции, несущей радиосигнала, характеризующий расхождение между вычисленной и реальной позиции вектора в сигнальном созвездии ортогональных кодированных несущих радиосигнала.

BER (Bit Error Ratio) - коэффициент битовых ошибок. Он характеризует частоту появления ошибочно восстановленных битов в демодулированном потоке данных.

Измерение этих параметров могут производить специализированные приборы, такие как анализатор телевизионных сигналов ETL фирмы ROHDE & SCHWARZ.

- Хотелось бы отметить, что этот анализатор ко всем своим достоинствам имеет один недостаток (низкую чувствительность, как и весь класс приборов «анализаторы»)
- При измерениях с процентным покрытием 50% - 70% и соответственно напряженности поля 48,2 - 54,3 дБ(мкВ/м) анализатор спектра ETL, подключенный к той же антенно-фидерной системе, просто не сможет провести измерения параметров цифрового телевизионного сигнала из-за недостатка уровня входного сигнала. Этот момент необходимо учитывать при проведении измерений параметров качества телевизионного сигнала

Заключение

- В заключении можно сказать следующее: практические измерения показали, что при отсутствии внешних помех устойчивый прием телевизионных программ DVB-T2 возможен на абонентский тюнер уже при напряженности поля выше 40 дБ(мкВ/м) при рекомендациях МСЭ - 63.3 дБ(мкВ/м).

Список источников

- Бюро радиосвязи МСЭ, Справочник по контролю за использованием
- спектра, издание 2011г.
- Слободянюк П.В., Благодарный В.Г. ,Справочник для инженеров по
- радиомониторингу, Киев 2012г.
- Рекомендация ITU-R SM.378-7, Измерение напряженности поля на станциях радиоконтроля, 2007г.
- Рекомендация ITU-R BT.2033 Планирование критериев, влючая защитные соотношения, для второй генерации наземного цифрового вещательного телевидения в диапазоне VHF/UHF, 2013г.
- ГОСТ Р 52210 -2004 Телевидение вещательное цифровое Термины и определения.
- Методика определения зоны обслуживания одиночной передающей станции наземного цифрового ТВ-вещания стандарта DVB-T, Научно-исследовательский институт радио, Москва 2012г.

Спасибо за внимание