

# ВЫБОР РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-R ДЛЯ ПРОГНОЗА ЗОН ПОКРЫТИЯ СИГНАЛОМ DVB-T2

**Михаил Ильич ЯКОБ,**

Аспирант, Генеральный директор Г.П. “Радиокоммуникаций”, Молдова,  
[mihail.iacob@radiocom.md](mailto:mihail.iacob@radiocom.md)

**Юрий Иванович ДЕМЧУК,**

Магистр, инженер Технического отдела Г.П. “Радиокоммуникаций”, Молдова,  
[iurie.demciuc@radiocom.md](mailto:iurie.demciuc@radiocom.md)

**Ион Андреевич АВРАМ**

Кандидат технических наук, Технический Университет Молдовы, доцент, Молдова,  
[ion.avram@rc.utm.md](mailto:ion.avram@rc.utm.md)

Проведено сравнение значений прогноза напряженности электромагнитного поля, выполненных в соответствии с рекомендациями МСЭ-R P.370, МСЭ-R P.1546 и МСЭ-R P.1812, с результатами полевых измерений. Расчеты и измерения выполнены для одной из зон цифрового телевидения DVB-T2 Республики Молдова, функционирующей в синхронном режиме на 31 телевизионном канале.

**Ключевые слова:** цифровое наземное телевидение, DVB-T2, SFN, эффективно излучаемая мощность, МСЭ-R P.370, МСЭ-R P.1546, МСЭ-R P.1812, зона покрытия, минимальная медианная напряженность поля.

## Введение

Зона покрытия наземным радиосигналом может быть представлена в виде определенной территории на границе которой величина напряженности поля равна или превышает величину минимальной медианной напряженности поля. Качество приема телевизионных наземных сигналов зависит от множества факторов, как например: технические параметры передатчика и приемника; высота подвеса и технические характеристики передающей и приемной антенны; рельеф и ландшафт местности в зоне покрытия; плотность и высота застройки в месте приема; время дня; время года; погодные условия и многие другие. Сложность учета всех факторов влияющих на качество приема позволяет говорить лишь об прогнозировании зоны покрытия. Даже самые сложные, комплексные методики не предоставляют абсолютно точной физической модели распространения радиоволн. Для прогнозирования зон покрытия наземным радиосигналом могут быть использованы модели представленные в рекомендациях МСЭ-R.

Специалисты профильных предприятий Республики Молдова длительное время с успехом используют Рекомендацию МСЭ-R P.1546, которая демонстрирует приемлемую точность расчетов. В то же время была поставлена задача проверить точность прогнозирования в случае использования рекомендаций МСЭ-R P.370 и МСЭ-R P.1812. В целях реализации поставленной задачи, был проведен программный расчет напряженности поля в 6 контрольных точках расположенных в зоне взаимных интерференций 3 передатчиков DVB-T2. Передатчики расположены вблизи населенных пунктов г.Стрэшень, г. Хынчешть и с. Иванчя, работают в режиме SFN (Single Frequency Network) и обеспечивают сигналом одну из зон цифрового наземного вещания.

На рисунке 1 показано местоположение передатчиков и выбранных контрольных точек на карте местности. В ходе выполнения поставленной задачи было проведено сравнение результатов теоретических расчетов с результатами полевых измерений.

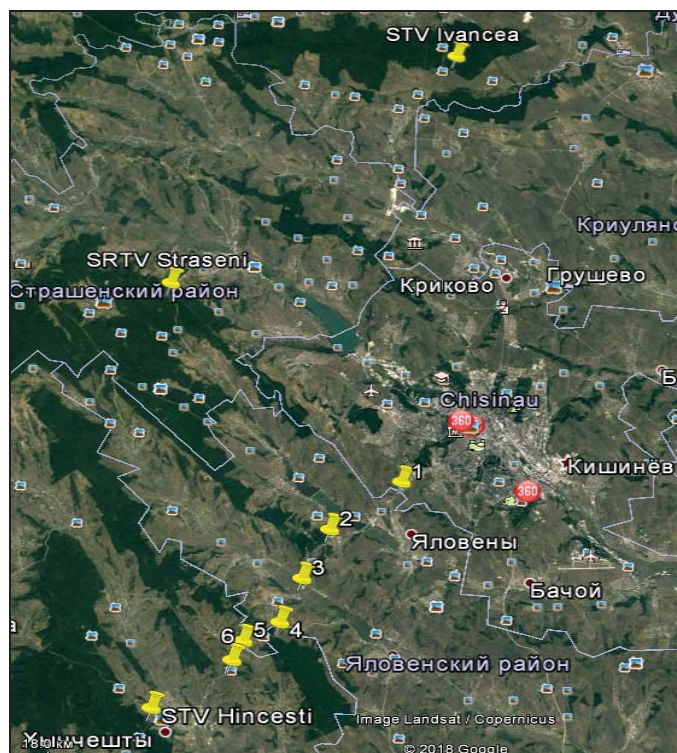


Рис. 1. Местоположение передатчиков и контрольных точек приема на карте местности

## Подготовка данных для прогнозирования напряженности поля

Исходными данными для расчета напряженности поля являются: эквивалентная излучаемая мощность на выходе передающих антенн; географические координаты пунктов передачи и приема; высота над уровнем моря оснований передающих и приемных мачт; высота подвеса передающих и приемных антенн; характеристики направленности передающих и приемных антенн.

Вышеназванные характеристики исследуемой сети представлены в табл. 1 и 2.

ТАБЛИЦА 1

## ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕДАЮЩИХ АНТЕНН

Параметры	Передающие антенны		
	Стрэшны	Хынчешты	Иванця
Географические координаты	E28.33°57.7" N 47.07°17.5"	E28.34°02.1 N 46.49°26.9"	E28.48°51.2" N 47.17°45.6"
Высота местности над уровнем моря, м	329	273	202
Высота подвеса, м	283	70	110
Поляризация	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная
Диаграмма направленности	Круговая	Круговая	Круговая
Э.И.М.(W)	2536	1325	392

ТАБЛИЦА 2

## ПАРАМЕТРЫ ПУНКОВ ПРИЕМА

Контрольные точки	Характеристика пунктов приема		
	Географические координаты	Высота местности над уровнем моря, м	Высота подвеса антенны, м
№1	28E46°14.05", 46N58°40.61"	188	10
№2	28E42°37.24", 46N56°41.44"	216	10
№3	28E41°16.79", 46N54°40.18"	93	10
№4	28E40°13.9", 46N52°53.22"	245	10
№5	28E38°26.22", 46N52°08.12"	161	10
№6	28E37°55.06", 46N51°21.92"	161	10

## Модели для прогноза напряженности поля

Применительно к телевизионным наземным сигналам, рекомендации МСЭ-R P.370, МСЭ-R P.1546, МСЭ-R P.1812 дают возможность выполнять прогнозирование напряженности электромагнитного поля в режиме «точка-зона» во всех телевизионных частотных диапазонах I-V.

Прогноз напряженности электромагнитного поля согласно моделей ITU-R P.370, ITU-R P.1546, основан на использовании кривых распространения радиоволн. Кривые представляют собой полученные экспериментальным путем значения напряженности поля превышаемые для заданного процента мест (в пределах заданных элементарных площадей) и заданного процента времени. Высота подвеса передающей антенны оценивается эффективной высотой, которая соответствует высоте ее подвеса над рельефом местности усредненном на расстоянии 3-15 км в направлении приемной антенны.

В связи с этим полученное в ходе расчетов значение напряженности поля, для заданных условий, является среднестатистическим в пределах заданной элементарной площади. Вместе с тем данные методики не дают возможность выполнять расчет типа „точка-точка”, в этом случае коректнее подразумевать расчет типа „точка-элементарная площадь”.

Рекомендация ITU-R P.1812 описывает метод прогнозирования, пригодный для подробной оценки уровней сигнала, для заданного процента мест и заданного процента времени. Данный метод предусматривает подробный анализ трассы на основе профиля земной поверхности.

Предсказания для систем "из точки в зону", выполняемые с использованием этого метода, состоят из множества предсказаний "из точки в точку", которые равномерно распределены в проектируемой зоне покрытия. Количество точек при этом должно быть достаточно большим, для того чтобы предсказанные значения напряженности поля были бы разумными оценками средних значений для конкретных элементарных площадей, которые они описывают.

Программный расчет напряженности поля для выбранных контрольных точек был выполнен в соответствии с тремя представленными выше моделями.

## Сравнение результатов расчета напряженности поля с результатами полевых измерений

Запланированные измерения напряженности поля создаваемого антенно-фидерными устройствами передатчиков расположенных в г. Стрэшень и с. Иванця удалось провести в точках 2, 3, 4, 5 и 6. Измерение напряженности поля создаваемого передатчиком расположенным в г. Хынчешть были проведены в 6 точках. Измерение напряженности поля одного из передатчиков проводилось при условии отключения двух других. Прогнозируемые и измеренные значения напряженности поля представлены в табл. 3 и 4.

ТАБЛИЦА 3

## ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ ПЕРЕДАТЧИКОВ В КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧКАХ

Контрольная точка	Прогнозируемые значения напряженности поля Емсэ передатчика в соответствии с рекомендацией								
	МСЭ-R P.370-7, dB(μV/m)			МСЭ-R P.1546-5, dB(μV/m)			МСЭ-R P.1812-3, dB(μV/m)		
	Стрэшень	Хынчешть	Иванця	Стрэшень	Хынчешть	Иванця	Стрэшень	Хынчешть	Иванця
№1	75,6	62,8	43,8	69	56,7	39,2	81,1	67,7	49,6
№2	70,2	69,3	44,5	65,3	62	38	65,8	80,2	49
№3	62,8	58,8	28,7	59,3	54,6	26,9	49,2	47,7	30,4
№4	72,9	73,3	44,3	65,6	68,8	33,1	78,3	70,7	51,4
№5	57	62,7	19	54,4	55,3	17,2	44,8	50,4	27,9
№6	67,9	89,9	41,5	64	77	30,7	63,9	88,4	48,6

ТАБЛИЦА 4

## ИЗМЕРЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ ПЕРЕДАТЧИКОВ В КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧКАХ

Контрольная точка	Измеренные значения напряженности поля Е, азимут, расстояние до передатчика								
	Передатчик Стрэшень			Передатчик Хынчешть			Передатчик Иванця		
	Азимут, °	Расстояние, км	Е, dB(μV/m)	Азимут, °	Расстояние, км	Е, dB(μV/m)	Азимут, °	Расстояние, км	Е, dB(μV/m)
№1	315	22,3		221	23,1	<b>70,7</b>	4	35,5	
№2	330	22,6	<b>60,3</b>	218	17,3	<b>63,4</b>	10	39,8	<b>49</b>
№3	337	25,2	<b>52</b>	222	13,4	<b>48,8</b>	11	43,9	<b>41,1</b>
№4	342	27,9	<b>48,1</b>	230	10,2	<b>71,4</b>	12	47,4	<b>43,7</b>
№5	347	28,7	<b>51,9</b>	227	7,5	<b>56,1</b>	14	49,3	<b>41</b>
№6	349	30	<b>63,8</b>	233	6,1	<b>88,7</b>	15	50,8	<b>51,1</b>

Проведем сравнение значений прогноза и результатов измерений, для чего из прогнозируемых значений напряженности поля Емсэ вычтем измеренные значения напряженности поля Е. Полученные данные внесем в табл. 4. Результаты статистической обработки полученных данных запишем в табл. 5.

ТАБЛИЦА 5

**СРАВНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПРОГНОЗА  
С РЕЗУЛЬТАТАМИ ИЗМЕРЕНИЙ**

Контрольная точка	(Емсэ – Е)								
	МСЭ-R P.370-7, dB(μV/m)			МСЭ-R P.1546-5, dB(μV/m)			МСЭ-R P.1812-3, dB(μV/m)		
	Стрэгшель	Хынчешть	Иванчя	Стрэгшель	Хынчешть	Иванчя	Стрэгшель	Хынчешть	Иванчя
№1		-7,9			-14			16,8	
№2	9,9	5,9	-4,5	5	-1,4	-11	5,5	16,8	0
№3	10,8	10	12,4	7,3	5,8	14,2	-2,8	-1,1	10,7
№4	24,8	1,9	0,6	17,5	-2,6	10,6	30,2	-0,7	7,7
№5	5,1	6,6	-22	2,5	-0,8	23,8	-7,1	-5,7	13,1
№6	4,1	1,2	-9,6	0,2	-11,7	20,4	0,1	-0,3	-2,5

ТАБЛИЦА 6

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ В  
КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧКАХ**

Характеристика события, dB(μV/m)	Частота события		
	P.370	P.1546	P.1812
$  \text{Емсэ-Е}   \leq 3$	3	5	7
$3 <   \text{Емсэ-Е}   \leq 6$	4	2	2
$6 <   \text{Емсэ-Е}   \leq 10$	4	1	2
$10 <   \text{Емсэ-Е}   \leq 16$	3	5	2
$16 <   \text{Емсэ-Е}  $	2	3	3

**Выводы**

1. Более точные результаты прогнозирования получены при использовании моделей МСЭ-R P.1812 и МСЭ-R P.1546. Тем не менее анализ полученных данных демонстрирует возможность использования для расчетов и модели МСЭ-R P.370.

2. При сравнении результатов 16 измерений и 16x3 прогнозов, в 15 случаях расхождение между прогнозом и измерением находится в диапазоне  $\pm 3$  dB (что соответствует погрешности измерения) а в 23 случаях это расхождение находится в диапазоне  $\pm 6$  dB, что представляет приблизительно половины всех случаев прогноза.

3. При проектировании сетей наземного цифрового вещания целесообразно использовать не менее двух рекомендаций: МСЭ-R P.1546 и МСЭ-R P.1812; или МСЭ-R P.370 и МСЭ-R P.1812. При этом методика МСЭ-R P.1546 (или МСЭ-R P.370) позволит более наглядно обозначить предполагаемые границы зоны покрытия, а методика МСЭ-R P.1812 позволит более наглядно выявить теньевые зоны.

**Литература**

1. ETSI TS 102 831. Technical Specification Digital Video Broadcasting; Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).

2. ITU-R P.1546 Method for point-to area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz.

3. ITU-R P.370-7 VHF and UHF propagation curves for the frequency.

4. Рекомендация МСЭ-R P.1812 Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб «из пункта в зону» в диапазонах УВЧ и ОВЧ.

5. Final acts of the regional radiocommunication conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 and 470-862 MHz (RRC-06).