

*Аданбаев А.М.*

**КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН РЕЛЬЕФИНИН ШАРТЫНДА ЖЕР БЕТИНДЕГИ САНАРИПТИК ТЕЛЕБЕРҮҮ ТАРМАКТАРЫН ТЕЙЛӨӨ МЕЙКИНДИГИНИН ЖӨНӨКӨЙЛӨТҮЛГӨН ЭСЕПТӨӨСҮ**

*Аданбаев А.М.*

**УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ ЗОНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕТИ ЦИФРОВОГО НАЗЕМНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕЛЬЕФА КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

*A.M. Adanbaev*

**A SIMPLIFIED CALCULATION OF THE NETWORK COVERAGE OF DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION BROADCASTING IN TERMS OF THE RELIEF OF THE KYRGYZ REPUBLIC**

УДК: 621.395.44

Макаланын негизги максаты жер бетиндеги санариптик телеберүү тармактарынын мүмкүнчүлүктөрүн эсептеп чыгуу болуп саналат. Толук кандуу эсептеп чыгуу процессинде толкундарды таратуучу антеннанын бийиктигин, толкун таратуучунун кубаттуулугун, талаанын минималдык медиалык чыңалуусун, коргоочу интервалды, ошону менен бирге спутниктен берилген сигналдарды кармоо жана антеннанын жайгашуу жеринин бурчун аныктап чыгуу керек. Бул макалада жер бетиндеги санариптик телеберүү тармактарынын мүмкүнчүлүктөрүнүн тейлөө аймактарын эсептөөдө, Эл аралык Электробайланыштар Биримдигинин Сунуштары (МСЭ) P.1546 «30дан 3000 МГц чейинки жыштыгынын диапазонунда жер бетиндеги кызмат үчүн аймак-чекиттеринин типтеринин таралышын алдын ала билдирүү методу» усул-ыкмаларын колдонуунун жөнөкөйлөтүлгөн жана жеңилдетилген варианты сунушталат.

**Негизги сөздөр:** жер бетиндеги санариптик телеберүү тармактарын тейлөө аймагы, талаанын чыңалуусу, таралуу трассаларынын типтери, шоолалануунун эффективдүү кубаттуулугу, маанилердин интерполяциялык же экстраполяциялык методу.

Основной целью статьи является расчет сети цифрового наземного телевизионного вещания. В процессе выполнения полноценного расчета необходимо определить высоту подъема антенны передатчика, мощность передатчика, минимальную медианную напряженность поля, защитный интервал, а также задержку сигнала от спутника и угол места расположения антенны. В данной статье предложен упрощенный и более короткий вариант расчета зоны обслуживания сети цифрового наземного телевизионного вещания с использованием метода Рекомендации Международного Союза Электросвязи (МСЭ) P.1546 «Метод для предсказания распространения типа точка-зона для наземных служб в диапазоне частот от 30 до 3000 МГц».

**Ключевые слова:** зона обслуживания сети цифрового наземного телевизионного вещания, напряженность поля, тип трассы распространения, эффективно излучаемая мощность, метод интерполяции или экстраполяции значений.

The main object of the article is the calculation of the network of digital terrestrial television broadcasting. For the full calculation, it is necessary to determine the height of raising of the antenna of the transmitter, transmitter power, minimum median field strength, protective interval, also a

delay of a signal from the satellite and the antenna elevation angle.

This paper proposes simplified and shorter version of the calculation of the network coverage area of digital terrestrial television broadcasting using the method c recommendations of the International Telecommunication Union (ITU) R.1546 "Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz".

**Key words:** network coverage area of digital terrestrial television broadcasting, field strength, type of route propagation, effective radiated power, the method of interpolation or extrapolation of values.

Рекомендация МСЭ-P 1546 состоит из кривых, представляющие значения напряженности поля для ЭИМ 1 кВт при номинальных частотах 100, 600 и 2000 МГц соответственно, как функция различных параметров; некоторые кривые относятся к сухопутным трассам, другие относятся к морским трассам, основанные на статистическом анализе экспериментальных данных. Для получения значеный напряженности поля для любой заданной требуемой частоты необходимо использовать метод интерполяции или экстраполяции значений, полученных для этих номинальных значений частот. Кривые основаны на данных измерений, в основном, в средних климатических условиях в умеренных областях, содержащих "холодные" и "теплые" моря, например Северное море и Средиземное море. Кривые для сухопутных трасс были подготовлены из данных, полученных в основном при умеренном климате, таком как в Европе и Северной Америке. Кривые морских трасс были подготовлены из данных, полученных в основном в районах Средиземноморья и Северного моря. Обширные исследования показывают, что условия распространения в некоторых областях сверх рефракции, ограниченных "горячими" морями, в основном различны [1,2].

**Алгоритм расчета:**

1) Определить тип трассы распространения как: сухопутный, холодное море или теплое море. Если трасса смешанная, тогда определить два типа трассы, которые расцениваются как первичная и вторичная типы распространения. Если трасса может

быть представлена единственным типом, и это расценено как первичный тип распространения

2) Для любого данного процента времени (в диапазоне от 1 до 50 %) определить два номинальных процента времени следующим образом:

✓ Если требуемый процент времени  $> 1$  и  $< 10$ , то более низкие и более высокие номинальные проценты 1 и 10, соответственно;

✓ Если требуемый процент времени  $> 10$  и  $< 50$ , то более низкие и более высокие номинальные проценты 10 и 50, соответственно.

Если требуемый процент времени равен 1 или 10 или 50 %, то это значение должно быть расценено как более низкий номинальный процент времени и процесс интерполяции не требуется.

3) Для любой требуемой частоты (в диапазоне от 30 до 3 000 МГц) определяют две номинальные частоты следующим образом:

✓ Если требуемая частота  $< 600$  МГц, то более низкие и более высокие номинальные частоты приравниваем к 100 и 600 МГц соответственно;

✓ Если требуемая частота  $> 600$  МГц, то более низкие и более высокие номинальные частоты приравниваем к 600 и 2000 МГц, соответственно.

Если требуемая частота равняется 100 или 600 или 2000 МГц, то это значение должно быть расценено как более низкая номинальная частота, и процесс интерполяции/экстраполяции не требуется.

4) Из Таблицы 2 определяются более низкие и более высокие номинальные расстояния, приближенные к требуемому расстоянию. Если требуемое расстояние совпадает со значением в Таблице 2, это должно быть расценено как более низкое номинальное расстояние и процесс интерполяции не требуется.

5) Для первичного типа распространения необходимо пройти шаги от 6 до 11.

6) Для более низкого номинального процента времени необходимо пройти шаги от 7 до 10.

7) Для более низкой номинальной частоты необходимо пройти шаги от 8 до 9.

8) Определяем напряженность поля, превышающую в 50% мест для приемной/мобильной антенны на высоте R, представляющей высоту местности над землей, окружающей приемную/мобильную антенну для требуемого расстояния и высоты передающей/базовой антенны :

8.1. Для передающей/базовой антенны высотой  $h_1$  равной или большей чем 10 м следуйте за шагами от 8.1.1 до 8.1.5:

8.1.1 Определить более низкий и более высокий номиналы значений  $h_1$ . Если  $h_1$  совпадает с одним из номиналов значений 10, 20, 37.5, 75, 150, 300, 600 или 1200 м, то это должно быть расценено как более низкое номинальное значение  $h_1$  и процесс интерполяции не требуется.

8.1.2 Для более низкого номинального значения  $h_1$  следуйте за шагами от 8.1.3 до 8.1.5.

8.1.3 Для более низкого номинального значения расстояния следуют за шагом 8.1.4.

8.1.4 Находим напряженность поля, превышающую в 50 % мест для приемной/мобильной антенны на высоте представленной R, для требуемого значения расстояния d, и высоты передающей/базовой антенны  $h_1$  по графику.

8.1.5 Если требуемое расстояние не совпадает с более низким номинальным значением расстояния, повторите шаг 8.1.4 для более высокого номинального значения расстояния и интерполируйте две напряженности поля, для расстояния [3].

Далее исходные данные для проектирования следующие:

Таблица 1: Исходные данные

Пункт установки с. Ак-Тюз	Начальные координаты 78°13'11"ВД, 42°21'22"СШ Высота в точке установки 1 970 м
Используемая частота, МГц	522
Эффективная высота передающей станции	10
Мощность, Вт	25
Коэффициент усиления антенны, дБ	12
Потери в антенна фидерном тракте, дБ	2

Рассчитаем эффективно излучаемую мощность:  
 $R_{\text{эим}} = 10 \log P_{\text{п}} + G - L$

где:

$P_{\text{п}}$ - мощность передатчика;  $G$ - коэффициент усиления антенны;  $L$ - потери в антенна-фидерном тракте.

$$R_{\text{эим}} = 10 \log 25 + 12 - 2 = 23.97 \text{ дБ}$$

Интерполяция напряженности поля как функции от расстояния для нижней частоты:

$$E = E_{\text{inf}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) \log (d/d_{\text{inf}}) / \log (d_{\text{sup}}/d_{\text{inf}}) \text{ дБ (мкВ/м)}$$

где:

$d$ : расстояние, для которого необходимо предсказание;

$d_{\text{inf}}$ : ближайшее расстояние табуляции меньше чем  $d$  (Таблица 1);

$d_{\text{sup}}$ : ближайшее расстояние табуляции большее чем  $d$  (Таблица 1);

$E_{\text{inf}}$ : напряженность поля на  $d_{\text{inf}}$  (для частоты 100 МГц);

$E_{\text{sup}}$ : напряженность поля на  $d_{\text{sup}}$  (для частоты 100 МГц).

$$E = 26 + (21 - 26) \log (32/30) / \log (35/30) = 23.9 \text{ дБ (мкВ/м)}$$

Интерполяция напряженности поля как функции от расстояния для верхней частоты:

$$E = E_{\text{inf}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) \log (d/d_{\text{inf}}) / \log (d_{\text{sup}}/d_{\text{inf}}) \text{ дБ (мкВ/м)}$$

где:

$d$ : расстояние, для которого необходимо предсказание

$d_{\text{inf}}$ : ближайшее расстояние табуляции меньше чем  $d$  (Таблица 1)

$d_{\text{sup}}$ : ближайшее расстояние табуляции большее чем  $d$  (Таблица 1)

$E_{\text{inf}}$ : напряженность поля на  $d_{\text{inf}}$  (для частоты 600 МГц)

$E_{sup}$ : напряженность поля на  $d_{sup}$  (для частоты 600 МГц)

$$E = 21 + (15 - 21) \log(32/30) / \log(35/30) = 18.34 \text{ дБ (мкВ/м)}$$

Значения напряженности поля для заданной частоты должны быть получены интерполяцией между значениями для номинальных частотных значений 100, 600 и 2000 МГц. В случае если частота ниже 100 МГц или выше 2000 МГц, интерполяция должна быть заменена экстраполяцией двух ближайших номинальных частотных значений. Для большинства трасс интерполяция или экстраполяция по  $\log(\text{частоты})$  может использоваться, но для некоторых морских трасс, когда требуемая частота - меньше 100 МГц, необходимо использовать альтернативный метод.

Для сухопутных трасс, и для морских трасс, где требуемая частота больше 100 МГц, требуемая напряженность поля  $E$  должна быть рассчитана, используя:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(f/f_{inf}) / \log(f_{sup}/f_{inf}) \text{ дБ(мкВ/м)}$$

где:

$f$ : частота, для которой необходимо предсказание (МГц);

$f_{inf}$ : нижняя номинальная частота;

$f_{sup}$ : верхняя номинальная частота;

$E_{inf}$ : значение напряженности поля для  $f_{inf}$ ;

$E_{sup}$ : значение напряженности поля для  $f_{sup}$ .

$$E = 23.9 + (18.34 - 23.9) \log(674/600) / \log(2000/600) = 23.368 \text{ дБ(мкВ/м)}$$

В результате для получения напряженности поля помехи вводимой станции:

$$E = E(50;50) + P_{эм}$$

$$E = 23.368 + 20.77 = 44.138 \text{ дБ}$$

Полученная напряженность поля была рассчитана с учетом расстояния между вводимой и действующей базовых станций и используемой частоты эффективной излучаемой мощности. Для получения более точного результата о напряженности поля вводимой станции требуется провести расчеты, учитывая: угол просвета местности, эффективный угол просвета и высоту приемной антенны.

Используя представленные формулы, можно рассчитать зону обслуживания одного передатчика.

Азимут	Эффективная высота	Радиус
0 градусов	217 м	3.657 км
10 градусов	191 м	3.426 км
20 градусов	147 м	3.022 км
30 градусов	97 м	2.509 км
40 градусов	15 м	1.355 км
50 градусов	-95 м	1.235 км
60 градусов	-212 м	1.235 км
70 градусов	-289 м	1.235 км
80 градусов	-368 м	1.235 км
90 градусов	-508 м	1.235 км
100 градусов	-641 м	1.235 км
110 градусов	-717 м	1.235 км
120 градусов	-787 м	1.235 км
130 градусов	-674 м	1.235 км
140 градусов	-447 м	1.235 км
150 градусов	-523 м	1.235 км
160 градусов	-634 м	1.235 км
170 градусов	-818 м	1.235 км
180 градусов	-841 м	1.235 км
190 градусов	-663 м	1.235 км
200 градусов	-447 м	1.235 км
210 градусов	-281 м	1.235 км
220 градусов	-223 м	1.235 км
230 градусов	-181 м	1.235 км
240 градусов	-184 м	1.235 км
250 градусов	-198 м	1.235 км
260 градусов	-155 м	1.235 км
270 градусов	-80 м	1.235 км
280 градусов	-40 м	1.235 км
290 градусов	-16 м	1.235 км
300 градусов	43 м	1.521 км
310 градусов	96 м	2.498 км
320 градусов	157 м	3.116 км
330 градусов	174 м	3.275 км
340 градусов	190 м	3.416 км
350 градусов	207 м	3.569 км

Таблица 2

Значения расстояний (км), используемые в таблицах напряженностей полей

1	14	55	140	375	700
2	15	60	150	400	725
3	16	65	160	425	750
4	17	70	170	450	775
5	18	75	180	475	800
6	19	80	190	500	825
7	20	85	200	525	850
8	25	90	225	550	875
9	30	95	250	575	900
10	35	100	275	600	925
11	40	110	300	625	950
12	45	120	325	650	975
13	50	130	350	675	1 000

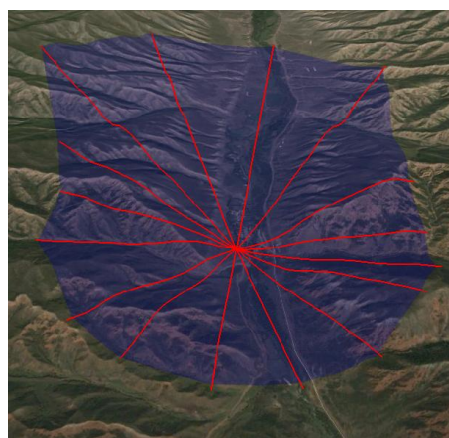


Рис. 1 Зона покрытия для пункта установки с. Ак-Тюз

**Список литературы:**

1. Y. Okumura et al. Field strength and its variability in VHF and UHF land-mobile radio service // Review of the Electr. Commun. Lab. – 1968. – vol. 6. – p. 825-873.
2. Рекомендация МСЭ-R 1546. «Метод прогнозирования для трасс связи «пункта с зоной» для наземных служб в диапазоне от 30 МГц до 3000 МГц»
3. Рекомендация МСЭ-R P.525. Расчет ослабления в свободном пространстве.
4. Digital Video and Audio Broadcasting Technology: A Practical Engineering Guide. Springer Science & Business Media, - 2010. – 827 p.
5. Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television: ETSI EN 300 744 v1.6.1. ETSI, - 2009.–66 с.
6. Рекомендация МСЭ-R P.1057. Распределения вероятностей, касающихся моделирования распространения радиоволн.

**Рецензент: к.ф.-м.н., доцент Султанов Р.К.**

---