



УДК 621.397.743

ЛИКВИДАЦИЯ ЗОНЫ ТЕНИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ В РАЙОНЕ СНЕГОВОЙ ПАДИ Г. ВЛАДИВОСТОКА

*Д.М. Егоров, e_d_m@inbox.ru, Д.В. Закальский, danyl_6919@mail.ru,
О.И. Совкова, sovкова.olga@inbox.ru.*

Дальневосточный Федеральный Университет (ДВФУ), г. Владивосток

В данной статье проведена оценка качества одночастотной сети цифрового эфирного телевизионного вещания (ОЧС DVB-T2) г. Владивостока района снеговой пади на основе модельных расчетов и экспериментальных исследований. В частности, показано, что даже при высокой мощности основного передатчика внутри зоны обслуживания ОЧС существуют несколько зон «теней», обусловленных дифракционными потерями сигналов DVB-T2, вызванных сложным рельефом местности и плотной застройкой. Принятые недавно нормативные документы по частотному планированию сетей DVB-T2 дают основу для проведения экспериментальных исследований качественных показателей этих сетей, что, безусловно, актуально и представляет практический интерес. В данной работе рассматривается способ устранения зоны «тени» в районе Снеговой пади г. Владивосток.

Ключевые слова: DVB-T2, цифровое телевидение, модель Лонгли-Райса, зона тени.

THE ELIMINATION OF SHADE AREAS OF TELEVISION BROADCASTING IN CITY DISTRICT VLADIVOSTOK SNEGOVAYA PAD'

D. M. Egorov, e-mail: e_d_m@inbox.ru, D. V. Zakalsky, e-mail: danyl_6919@mail.ru, O. I. Sovkova, e-mail: sovкова.olga@inbox.ru.

Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

This article assesses the quality of the single-frequency network of digital terrestrial television broadcasting (SFN DVB-T2) in Vladivostok, the snowfall region on the basis of model calculations and experimental studies. In particular, it is shown that even with the high power of the main transmitter inside the service area of the SFN, there are several zones of "shadows" caused by diffraction losses of DVB-T2 signals caused by difficult terrain and dense buildings. Recently adopted regulatory documents on frequency planning of DVB-T2 networks provide a basis for experimental studies of the qualitative indicators of these networks, which is certainly relevant and of practical interest. In this paper, we consider a way to eliminate the zone of "shadow" in city district Vladivostok Snegovaya pad'.

Введение. К лету 2019 года по всей России прекратит вещание аналоговое телевидение. Процесс развертывания сетей нового, цифрового, поколения идет уже несколько лет. В качестве основного формата цифрового эфирного ТВ в России принят стандарт DVB-T2.

Актуальность работы и ее практическое значение заключается в том, что в связи с переходом на цифровой формат вещания, эфирное телевидение приобретает ряд преимуществ: высокая четкость изображения, его устойчивость к помехам, широкий диапазон цветов и оттенков, а также возможность получать через цифровой канал качественный пятиканальный звук. Действующая сеть DVB-T2 г. Владивостока спроектирована и организована при заданных критериях процента ее охвата по местности и времени. Однако, существуют проблемы с качеством приема сигнала в некоторых районах города, связанных со сложным рельефом территории.

Целью данной работы является исследование существующей сети в г. Владивостоке, выявление зоны тени в районе Снеговой пади, а также предложение по исправлению проблемных зон для обеспечения качественного ЦТВ в рассматриваемом районе.



Теоретическая часть. В настоящее время обслуживание населения на территории г. Владивостока пакетом программ второго мультиплекса DVB-T2 осуществляется тремя передатчиками, характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры передатчиков сети города Владивостока

Пункт установки	Широта (WGS 84) градусы	Долгота (WGS 84) градусы	ТВК	Мощность, кВт	Тип фидера	Длина фидера, м	Высота геометрического центра антенной системы, м	Ку антенны, дБд
Де-Фриз	043 15 57	131 58 37	56	0,1	AVA7-50	58	47,7	5,565
Владивосток	043 07 20	131 53 55	56	5	HJ9-50B	190	185,8	15,49
о.Русский	043 01 50	131 49 55	56	1	RF 2 1/4"-50	140	98	13,53

Параметры эфирного сигнала сети цифрового наземного вещания ЦНТВ второго частотного мультиплекса: значение информационной скорости (33,29 Мбит/с) обеспечивает передачу 10 телевизионных программ, как при использовании режима статистического мультиплексирования, так и без его использования. В качестве длины защитного интервала выбрано значение 1/16 режима 32k extended. В этом случае длительность защитного интервала составляет 224 мкс, что соответствует предельно допустимому расстоянию между передатчиками 67 км. Ограничение значения защитного интервала величиной равной 1/16 значительно упрощает организацию работы синхронного режима цифровых передатчиков.

В качестве платформы для применения модели Лонгли-Райса используется комплекс RadioMobile и цифровые карты высот с разрешением 3 arcsec (90*90 м).

Экспериментальная часть. Перед тем, как использовать программу RadioMobile необходимо рассчитать некоторые начальные параметры, а именно минимальные требования напряженности поля для существующей сети. Все расчеты проводятся с помощью программного пакета Mathcad. Найдем значение минимальной напряженности поля в точке приема для 56 ТВ канала с вероятностью охвата мест 95% и полосой частот 8 МГц используя следующие формулы [1]:

Мощность шума на входе приемника:

$$P_{\text{ш}} = F - 10 \lg(kT_0 B) = -128,07 \text{ дБВт.}$$

Минимальная мощность сигнала на входе приемника:

$$P_{\text{min}} = P_{\text{ш}} + C/N = -109,23 \text{ дБВт.}$$

Эффективный раскрыт антенны:

$$A_a = G_D + 10 \lg(1,64 \cdot \lambda^2 / (4\pi)) = -3,701 \text{ Дбм}^2.$$

Минимальная плотность потока мощности в месте приема:

$$\varphi_{\text{min}} = P_{\text{min}} - A_a + L_f = -89,529 \text{ (дБ(Вт/м}^2\text{))}.$$

Минимальная напряженность поля в месте приема:

$$E_{\text{min}} = \varphi_{\text{min}} + 120 + 10 \lg(120\pi) = 56,234 \text{ (дБ(мкВ/м))}.$$

Минимальная медианная плотность потока мощности:

$$\varphi_{\text{med}} = \varphi_{\text{min}} + P_{\text{mmn}} + C_l = -82,529 \text{ (дБ(Вт/м}^2\text{))}.$$



Минимальная медианная напряженность поля в месте приема:

$$E_{med} = \varphi_{med} + 120 + 10 \log_{10}(120\pi) = 62,234 \text{ (дБ(мкВ/м))}.$$

где: $F=7\text{дБ}$ – шум-фактор приемника, $k=1,38 \cdot 10^{-23}\text{Дж/К}$ – постоянная Больцмана, $T_0=290\text{К}$ – абсолютная температура, $B=7,77 \cdot 10^6\text{Гц}$ – ширина шумовой полосы приемника, $C_l=9\text{дБ}$ – поправочный коэффициент местоположений, $G_D=11\text{дБ}$ – усиление антенны относительно полуволнового диполя, $C/N=18,9\text{дБ}$ – отношение «Несущая/Шум», требуемое системой, $P_{min}=23\text{дБ}$ – поправка на промышленный шум, $L_f=7\text{дБ}$ – потери в фидере, $\lambda=0,398\text{м}$ – длина волны.

Кроме того, значение медианной напряженности поля также можно определить по параметрам сети из таблицы, приведённой в приложении В5 в Приложении №2 к решению ГКРЧ от 16 октября 2015 г. №15-35-04. Фрагмент этой таблицы представлен в таблице 2 для исследуемого телевизионного канала [2].

Таблица 2

Табличные значения минимальной медианной напряженности поля для режима 64QAM 4/5 PP4 32k ext GI = 1/16 (блок LDPC длиной 64 800 бит).

№ ТВ-диапазона	№ ТВ канала	Центр. частота, МГц	Гаусс	Райс	Релей
V	56	754	54,9	55,5	58,2

В системах фиксированного приёма используется канала Гаусса. По таблице 3 видно, что при частоте 754 МГц $E_{med} = 54,9\text{ дБ}$, однако, данное значение соответствует вероятности охвата 50%. Для приема в случае вероятности охвата 95% к найденному значению E_{med} необходимо прибавить 9 дБ, что даст, в результате, значение медианной напряженности в 63,9 дБ.

Для выполнения модельных расчетов в программе RadioMobile были использованы ДН антенн согласно входным данным. Рассчитанная по модели Лонгли-Райса зона обслуживания представлена на рисунке 1.

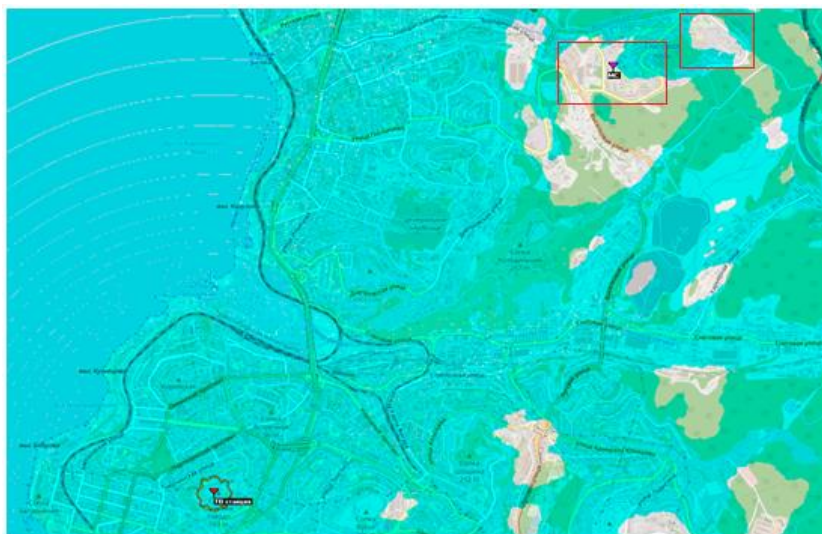


Рис.3 – Зона покрытия передатчиками: 100 Вт на Де-фризе, 5000 Вт на Орлиной сопке и 1000 Вт на Русском острове



Берюзовым цветом на рис. 1 обозначены области, где рассчитанный уровень цифрового сигнала сети DVB-T2 превышает требуемый для условий фиксированного приема, т.е. 63,9 дБмкВ/м. Как видно на территории присутствуют зоны теней в густозаселенных частях города, среди них и микрорайон Снеговая падь. Зону тени необходимо ликвидировать, так как в домах, попадающих в эту зону, будет отсутствовать телевизионный прием.

В ходе проведенного анализа было установлено, что зона тени в микрорайоне Снеговая падь связана с особенностями профиля трассы рис. 2. Профиль трассы при использовании основного передатчика, показывает, что зона тени образована особенностями рельефа. Также на данном рисунке видно, что напряженность поля в месте приема меньше минимальной напряженности поля (рассчитанной в Mathcad и показывающей минимально допустимый уровень сигнала, при котором телевизионный прием возможен). Также стоит отметить, что увеличение мощности не устраняет зоны теней. Кроме того, экспериментальным путем было определено, что снижение мощности излучения на о. Русский до 250 Вт и на сопке Орлиной до 2 кВт не приведет к существенному увеличению зон теней, однако, существенно снизит затраты на построение и обслуживание сети.

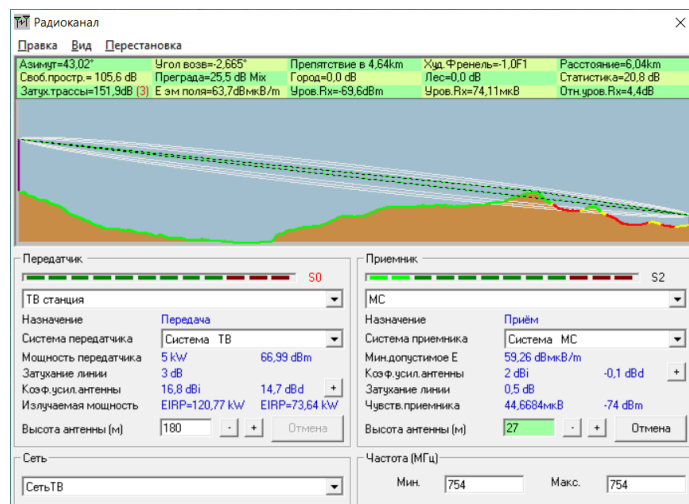


Рис. 2 – Профиль трассы зоны тени

Ликвидацию зоны тени можно обеспечить следующими способами: установка дополнительных передатчиков в зонах теней, организация одночастотной сети, установка ретрансляторов. Международный опыт эксплуатации сетей DVB-T2 показал, что эту проблему чаще всего можно решить оптимизацией параметров вещания и грамотной синхронизацией приемных устройств, но в случае, когда рельеф является сложным, и настройка не дает результатов, приходится дополнительно устанавливать еще одну передающую станцию или ретранслятор. Установка ретрансляторов является предпочтительной, т.к. является экономически выгодной, особенно если зоны теней расположены далеко друг от друга.

Для расчета уровня сигнала в точке приема в свободном пространстве (т.е. в зоне прямой видимости) используется следующая далее формула (формула Введенского) [3]. Зная требуемые значения напряженности находится значение мощности для ретранслятора.



$$E = \frac{\sqrt{30PRh}}{R} KF_{гор} F_{верт},$$

где E – напряженность электромагнитного поля в вольтах на метр; P – мощность передатчика в ваттах; G – коэффициент усиления антенны относительно изотропного излучателя (в раз); h – высота передающей антенны над землей в метрах; K – коэффициент кривизны земли. Обычно принимается равным 1,3; $F_{гор}$ – ослабление передающей антенны в направлении на точку приема в горизонтальной плоскости относительно азимута максимального излучения, $F_{верт}$ – то же самое для вертикальной плоскости.

Основные параметры ретранслятора, используемые для организации сети, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Основные параметры ретрансляторов

Азимут	Угол возвышения	Мощность, Вт	КУ, дБи	h, м	ДН
260	-50	3	6	30	Corner
110	-50	1	6	30	Corner

Формы ДН, азимут и угол возвышения выбраны в соответствии с расположением ретранслятора.

После расчета мощности и выбора места для установки ретранслятора, была повторно рассчитана зона охвата ОЧС г. Владивостока в микрорайоне Снеговая падь, она представлена на рис. 4. Видно, что уровень сигнала в бывшей зоне тени превышает минимальный требуемый уровень.

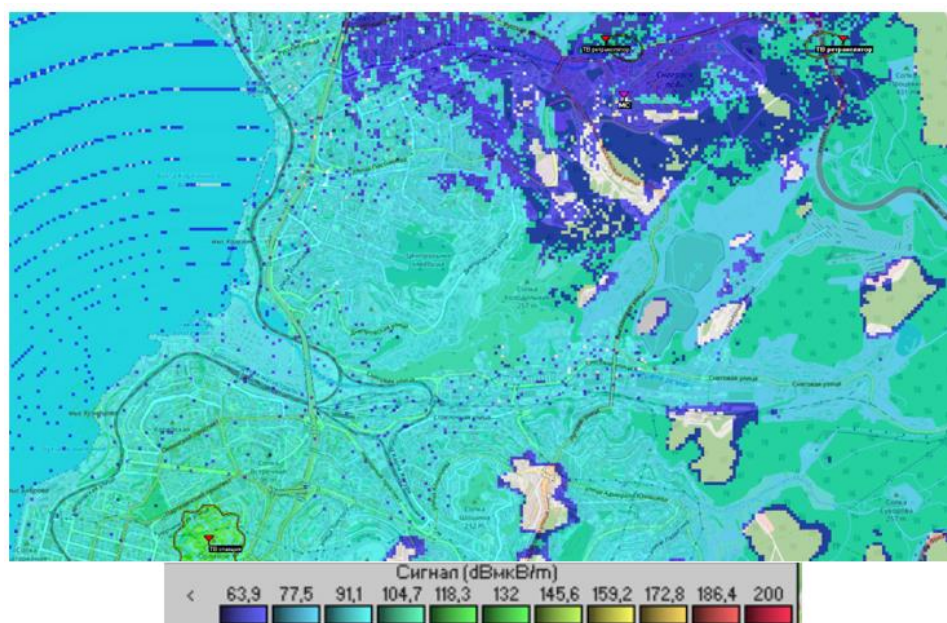


Рис. 4 – Модернизированная зона обслуживания ОЧС г. Владивостока

Заключение. Применение модели Лонгли-Райса наиболее точно учитывает распространения радиоволн на местностях со сложным рельефом. Но все равно будут присутствовать зоны тени на различных расстояниях от антенны. Исследование существующей сети ЦТВ в г. Владивосток показало, что присутствуют достаточно крупные участки тени с наличием жилой застройки. Для обеспечения



ЦТВ такие участки должны быть ликвидированы. При обеспечении сетью территории со сложным рельефом необходимо очень тщательно подходить к проектированию сети и вычислению оптимальных параметров передатчиков. Обеспечение качественной сети на сложных территориях требует больших расчетных и денежных затрат. Были предложены меры по ликвидации зон теней, а именно установка дополнительного ретранслятора с оптимальной мощностью. Результаты моделирования, проведенного в программе RadioMobile показали, что представленная схема сети способна успешно охватывать зону обслуживания со сложным рельефом и обеспечивать уверенный прием цифрового эфирного телевидения на рассматриваемой территории.

Список цитируемой литературы

1. Ломакин А. Ф. Стеценко Г. А. Возможный алгоритм модернизации сети DVB-T2. Владивосток: Вестник инженерной школы ДВФУ № 4(33), 2017. 139 с.
2. Решения ГКРЧ от 16 октября 2015 г. № 15-35-04 "Об утверждении методики определения зоны обслуживания одиночной передающей станции наземного цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T2 и методики определения зоны обслуживания одночастотной сети передающих станций наземного цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T2"
3. Серов А. В. Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 464с.

© Егоров Д.М, Закальский Д.В, Совкова О.И, 2019