

# **Выбор оптимальных точек для мониторинга одночастотной сети в цифровом наземном телевидении на примере Иркутской области**

А. С. Просвиряков, Л. В. Просвирякова, О. В. Просвирякова

Рассматривается методика выбора точек для мониторинга основных параметров цифрового наземного телевидения в густонаселенных районах Иркутской области. Разработаны требования к выбору места измерения. Измерения проводились с целью выявления оптимальной зоны вещания отдельных приемопередающих объектов, работающих в одночастотной сети. Для проведения исследований был создан контрольно-измерительный комплекс и проведен ряд измерений в различных районах Иркутской области. При проведении эксперимента учитывался рельеф местности, зона уверенного приема, зоны наложения сигналов от различных станций одночастотной сети. Результаты измерений напряженности электромагнитного поля, коэффициента ошибок модуляции, коэффициента ошибок по битам представлены в работе. Методика, представленная в работе, позволит своевременно выявлять ошибки и помехи в одночастотной сети, что даст возможность повысить надежность сети и качество предоставляемых услуг.

*Ключевые слова:* мониторинг, сеть наземного цифрового ТВ-вещания, стандарт DVB-T2, зона покрытия, одночастотная сеть, SFN, PWR, напряженность электромагнитного поля, MER, коэффициент ошибок модуляции, BER, коэффициент ошибок по битам.

## **1. Введение**

Цифровые технологии сетей передачи данных прочно вошли в нашу жизнь: это скоростной интернет, сотовая связь и другие мультисервисные услуги. В ногу со временем шагает и телевидение.

15 ноября 2018 года Правительство Российской Федерации приняло решение о поэтапном переходе на цифровой формат телевидения [6]. Окончательный переход от аналогового к цифровому формату будет поэтапным. Он начался 3 декабря 2018 года и продлился до 14 октября 2019 года. На сегодняшний день все телевизионные сети работают в цифровом формате. Наряду с большим преимуществом цифровых телевизионных сетей по сравнению с аналоговыми при эксплуатации сетей наземного цифрового телевизионного вещания возникает ряд вопросов, которые требуют тщательного изучения. В настоящей работе представлена методика выбора точек для мониторинга основных параметров цифрового наземного телевидения в густонаселенных районах Иркутской области.

## 2. Постановка задачи

Сеть наземного цифрового ТВ-вещания стандарта DVB-T2 представляет собой совокупность приемопередающих объектов, служащих для предоставления абонентам бесплатного пакета информации, в который входят 20 ТВ-программ и 3 радиостанции.

Одночастотная сеть (ОЧС; Single Frequency Network, SFN) – это сеть передатчиков, совместно использующих одну и ту же радиочастоту для достижения большей зоны покрытия [1].

Объектом для исследования выбрана Иркутская область, а именно областной центр город Иркутск и близлежащие населенные пункты. В данной местности расположено 15 цифровых телевизионных станций (рис. 1), работающих в одночастотной сети, ниже представлена табл. 1 с характеристиками объектов.

Таблица 1. Характеристики объектов ЦНТВ

№ п/п	Наименование станции	Мощность ТВ-передатчика, кВт	Охват населения вещанием, чел.	Длительность задержки (local delay), мс
1	РТПС Ангарск	2	250 124	0
2	РТПС Иркутск	5	701 336	0
3	РТС Усть-Ордынский	0.1	17 369	0
4	РТС Большой Луг	0.05	5 517	0
5	РТС Карлук	0.1	2 575	0
6	РТС Сосновый Бор	0.1	5 738	0
7	РТС Большая Речка	0.05	2 629	0
8	РТС Захал	0.05	1 469	0
9	РТС Малое Голоустное	0.05	1 587	0
10	РТС Тугутуй	0.05	1 969	0
11	РТС Никольск	0.05	1 083	0
12	РТС Степановка	0.01	1 360	0
13	РТС Харат	0.01	2 155	0
14	РТС Звездочка	0.01	91	0
15	РТС Моты	0.01	494	0

Из приведённой выше таблицы видно, что две передающие станции работают на более высокой мощности и охват населения значительно больше, чем у остальных, поэтому приоритет в работе у них выше.

Использование одночастотной сети позволяет получить больший охват территории и тем самым увеличить число абонентов. На рис. 1 представлена карта Иркутского района, на которой расположены зоны вещания конкретных передающих станций района, работающих в одночастотной сети. На рис. 2 представлена непосредственно одночастотная сеть, состоящая из двух самых мощных передающих станций, а именно РТС Иркутск и РТС Ангарск.

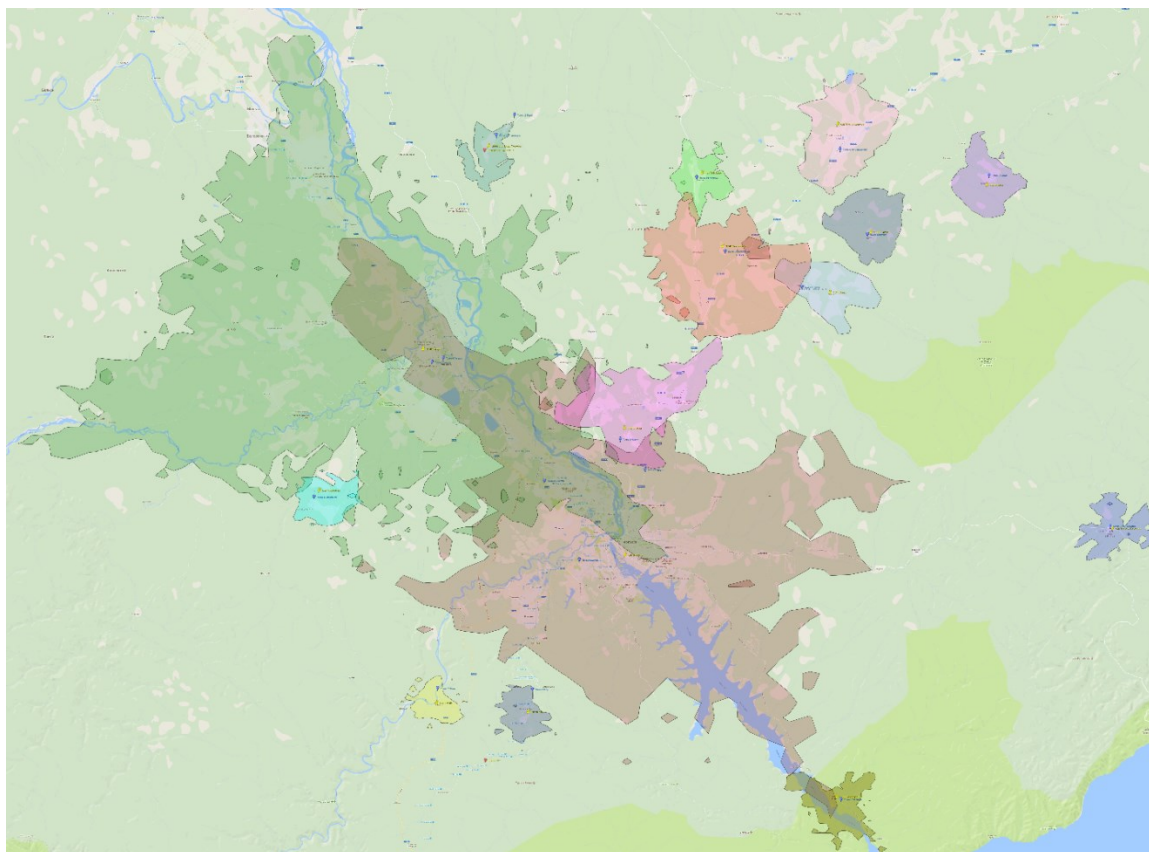


Рис. 1. Одночастотная сеть Иркутского района

Но когда одна из станций по каким-либо причинам выходит из строя, то вся сеть может разрушиться в местах пересечения двух зон уверенного приема-передающих станций.

Выход из строя может происходить по разным причинам:

– в большинстве случаев это поломка отдельных блоков станции, с которых отдельно снимается информация для мониторинга системой дистанционного контроля.

– но бывают и такие проблемы с оборудованием, которые не выявляются при мониторинге оборудования, такие как:

- ошибки транспортного потока,
- индустриальные помехи,
- ошибки программного обеспечения оборудования и т.д.

В первом случае аварии на неисправном оборудовании устраняются оперативно.

Во втором случаях нужен выезд специализированной бригады для проведения измерений и выяснения причин аварийных ситуаций. Поэтому появилась необходимость определения контрольных точек для осуществления мониторинга одночастотной сети в зоне распространения сигналов.

### 3. Методика выбора точек измерения

Ниже приведена методика выбора одной из точек измерения для осуществления мониторинга одночастотной сети.

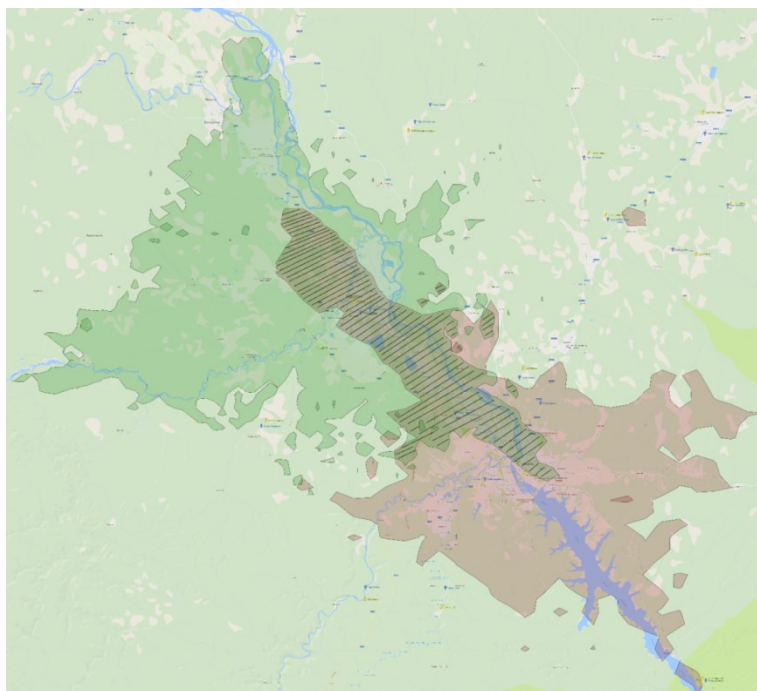


Рис. 2. Одночастотная зона Иркутск–Ангарск

Выбор места точек для измерения одночастотной зоны начинается с определения примерного географического местоположения. Таким местоположением являются проблемные зоны или так называемые места сопряжения двух сигналов.

На рис. 2 пунктирной линией показана область сопряжения двух сигналов в этой области, и будем подбирать место для мониторинга ОЧС Иркутск–Ангарск.

Основное правило в выборе точек для проведения измерений ОЧС на пересеченной местности следующее:

- места для размещения точек следует выбирать так, чтобы в каждой точке и в ее окрестностях было как можно меньше локальных мешающих предметов (например, таких как деревья, столбы, воздушные линии электропередач и т.д.);
- изменение напряженности поля в окрестности точки в первую очередь должно зависеть от изменения рельефа подстилающей поверхности на трассе «передатчик – приемник».

С целью получения корректных результатов измерений необходимо правильно выбрать положения точек. Если выбирать площадки только на вершинах холмов, то оценка радиуса зоны покрытия по данному направлению будет завышена [2].

Если проводить измерения только в низинах, то оценка зоны покрытия по данному направлению будет наоборот занижена [2].

Чтобы иметь распределение напряженности поля, которое было бы близко к медианному, необходимо проводить измерения как в низинах, так и на вершинах холмов. При этом стараться выбирать площадки для точек измерения так, чтобы в их пределах было как можно меньше предметов, которые бы могли повлиять на результаты измерений [2].

После выбора местности по рельефу и при отсутствии мешающих объектов были произведены испытательные измерения по необходимым параметрам, а именно:

PWR – напряженности электромагнитного поля,

MER – коэффициента ошибок модуляции,

BER – коэффициента ошибок по битам [4].

Наименования и характеристики необходимого оборудования для измерения ОЧС приведены в табл. 2.

Таблица 2. Технические данные оборудования для проведения измерений ОЧС DVB-T2 [2]

Наименование	Основные характеристики
Антенна пассивная направленная измерительная или калиброванная	<p>Диапазон частот: от 174 до 790 МГц.</p> <p>КСВН: не более 2.5.</p> <p>Ширина диаграммы направленности по уровню минус 3 дБ в рабочем диапазоне частот, град: от 40 до 25.</p> <p>Коэффициент усиления, не менее:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– для III диапазона: 7 дБд;</li> <li>– для IV диапазона: 10 дБд;</li> <li>– для V диапазона: 12 дБд.</li> </ul> <p>Коэффициент защитного действия, не менее:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– для III диапазона: 12 дБ;</li> <li>– для IV и V диапазона: 16 дБ.</li> </ul> <p>Поляризация: линейная.</p> <p>Погрешность калибровочного коэффициента <math>\pm 2.5</math> дБ.</p> <p>Диаграмма направленности типовой направленной приемной антенны приведена на рис. 1 [5].</p>
Измерительный приемник DVB-T2 с функцией анализатора спектра	<p>Функция анализатора спектра.</p> <p>Диапазон частот: от 100 до 1000 МГц.</p> <p>Верхняя граница диапазона установки полосы обзора: не менее 10 МГц.</p> <p>Диапазон установки полосы пропускания: от 1 до 300 кГц.</p> <p>Режим измерения мощности в канале.</p> <p>Погрешность измерения напряжения: не более <math>\pm 0.5</math> дБ.</p> <p>Измерение параметров: LBER.</p> <p>Функция анализа эхо-сигналов.</p> <p>Интерфейс передачи данных в компьютер</p>
Калиброванные кабели снижения измерительных антенн	<p>Диапазон частот: от 100 до 1000 МГц.</p> <p>КСВН: не более 2.5.</p> <p>Затухание в кабеле (для фиксированного приема):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– для III диапазона: не более 2 дБ;</li> <li>– для IV диапазона: не более 3 дБ;</li> <li>– для V диапазона: не более 5 дБ.</li> </ul> <p>Погрешность калибровочного коэффициента <math>\pm 0.5</math> дБ.</p>
Навигационный приемник глобальных навигационных спутниковых систем	<p>Возможность работы с глобальными навигационными спутниковыми системами ГЛОНАСС и GPS.</p> <p>Интерфейс передачи данных в компьютер.</p>

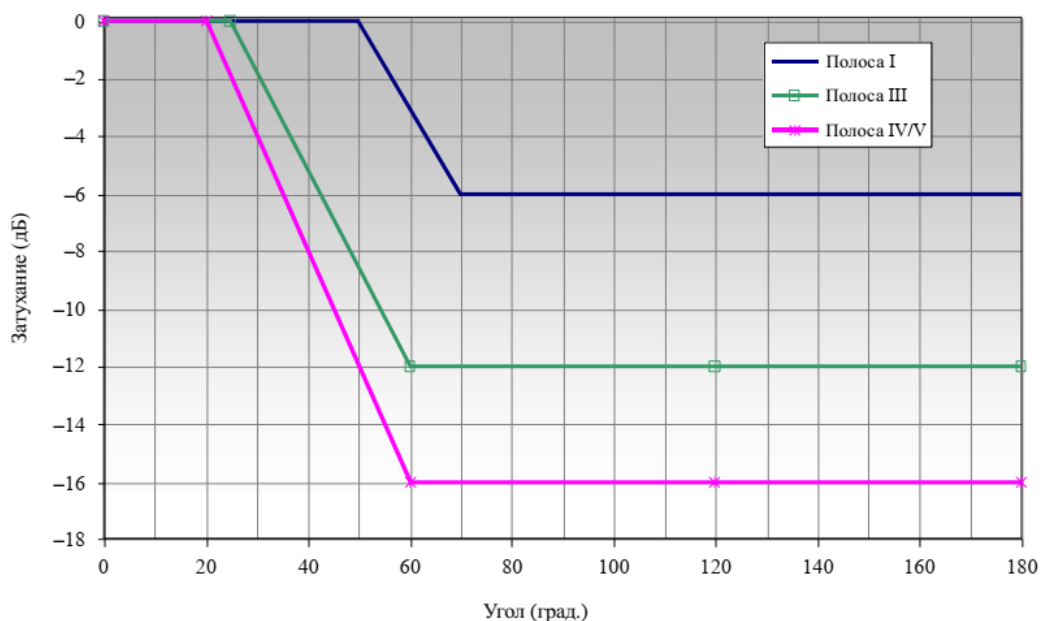


Рис. 3. Диаграмма направленности приемной направленной антенны

Таблица 3. Результаты измерений для выбора точки 1

№ изм.	Направление на РТС Ангарск (азимут 318°, расстояние до станции 16.5 км)			Направление на РТС Иркутск (азимут 133°, расстояние до станции 25 км)			Усредненные значения		
	PWR	MER	BER	PWR	MER	BER	PWR	MER	BER
1	83.4	25.9	$1.1 \cdot 10^{-3}$	83.7	27.8	$3.2 \cdot 10^{-4}$	83.5	26.9	$7.1 \cdot 10^{-4}$
2	82.1	23.7	$1.6 \cdot 10^{-3}$	82.7	27.1	$0.8 \cdot 10^{-4}$	82.4	25.4	$8.4 \cdot 10^{-4}$
3	79.9	20.9	$1.1 \cdot 10^{-4}$	79.1	19.6	$7.5 \cdot 10^{-4}$	79.5	20.3	$4.3 \cdot 10^{-4}$
4	75.2	20.7	$1.3 \cdot 10^{-5}$	75.6	18.3	$3.7 \cdot 10^{-5}$	75.4	19.5	$2.5 \cdot 10^{-5}$
5	84.4	29.1	$4.6 \cdot 10^{-5}$	84.1	27.9	$4.9 \cdot 10^{-5}$	84.3	28.5	$4.8 \cdot 10^{-5}$
6	84.8	29.4	$1.8 \cdot 10^{-6}$	84.9	29.5	$1.9 \cdot 10^{-6}$	84.9	29.5	$1.9 \cdot 10^{-6}$
7	75.4	22.7	$1.7 \cdot 10^{-3}$	75.6	22.9	$0.2 \cdot 10^{-4}$	75.5	22.8	$8.6 \cdot 10^{-4}$
8	74.8	22.5	$5.4 \cdot 10^{-4}$	73.5	20.9	$0.1 \cdot 10^{-3}$	74.2	21.7	$3.2 \cdot 10^{-4}$
9	85.2	28.1	$3.2 \cdot 10^{-4}$	81.8	25.7	$1.1 \cdot 10^{-3}$	83.5	26.9	$7.1 \cdot 10^{-4}$
10	85.3	26.3	$0.8 \cdot 10^{-4}$	79.5	25.4	$1.6 \cdot 10^{-3}$	82.4	25.4	$8.4 \cdot 10^{-4}$

Местность расположения точки была разделена на 8–15 объектов, равноудаленных друг от друга, расстояние между которыми составляет 10–15 метров. Антенна установлена на телескопической мачте, высота которой составляет 10 метров.



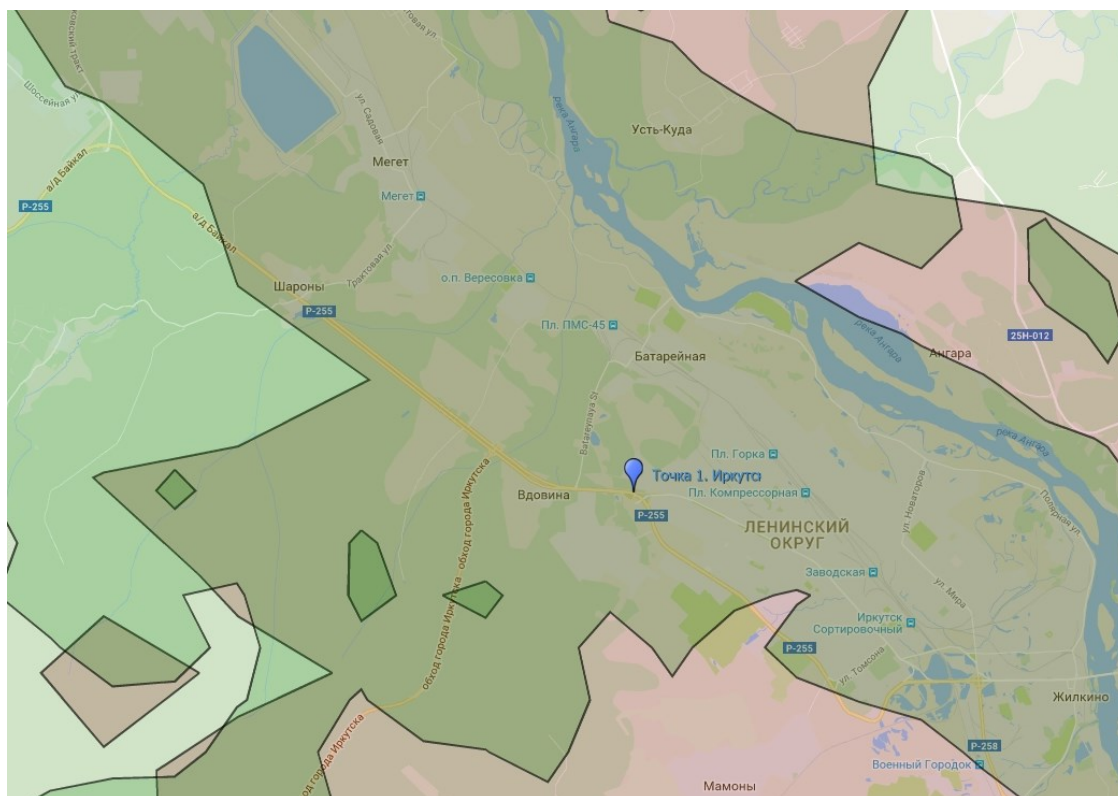


Рис. 4. Место расположения выбранной точки для мониторинга ОЧС

Измерения производятся анализатором телевизионных сигналов R&S ETC, который полностью удовлетворяет соответствующим требованиям и проходит ежегодную государственную поверку. Результаты измерений приведены в табл. 3 и при каждом измерении помечаются на карте местности.

Анализируя данные, представленные в табл. 3, можно сделать вывод, что оптимальной точкой для проведения мониторинга ОЧС является измерение под номером 6, т.к. PWR и MER определяет максимальный уровень мощности и коэффициент модуляции, BER показывает минимальный уровень битовых ошибок.

Таким образом, итогом проведенной работы является определение одной из точек для мониторинга одночастотной сети Иркутского района с координатами  $N52^{\circ}21'42,54''$   $E104^{\circ}7'29,38''$  (рис. 4).

## 4. Заключение

Была разработана методика выбора точек для мониторинга основных параметров цифрового наземного телевидения в густонаселенных районах Иркутской области. Сформулированы требования к выбору места измерения. Измерения проводились с целью выявления оптимальной зоны вещания отдельных передатчиков объектов, работающих в одночастотной сети.

Выбор оптимальной точки для проведения мониторинга ОЧС позволит в случае нештатной ситуации (аварии на сети) оперативно приступить к измерениям, не отвлекаясь на подбор места, а в дальнейшем и установить стационарный контрольно-измерительный комплекс для осуществления мониторинга ОЧС постоянно.

В работе представлены материалы по выбору одной оптимальной точки, на самом деле для всего Иркутского района одной точки недостаточно. Для проведения исследований был создан контрольно-измерительный комплекс и проведен ряд измерений в различных районах Иркутской области. В результате измерений выяснилось, что для обеспечения нормального мониторинга необходимо порядка 20–30 точек в одном районе.

## Литература

1. Методика определения зоны обслуживания одночастотной сети передающих станций наземного цифрового ТВ-вещания стандарта DVB-T2. Разработана федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт радио». Москва, 2014. 89 с.
2. ГОСТ Р 55947-2014 «Телевидение вещательное цифровое. Приемники для эфирного цифрового телевизионного вещания DVB-T2. Основные параметры. Технические требования. Методы измерений и испытаний».
3. Ильин А. Г., Казанцев Г. Д., Костевич А. Г., Курячий М. И. и др. Цифровое телевидение в видеоинформационных системах: монография. Томск: ТУСУР, 2010. 464 с.
4. Rec. ITU-R SM.1875 “DVB-T coverage measurements and verification of planning criteria”.
5. Постановление Правительства Российской Федерации о федеральной целевой программе «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2018 годы».

*Статья поступила в редакцию 03.03.2021;  
переработанный вариант – 07.04.2021.*

### **Просвирыков Алексей Сергеевич**

ведущий инженер производственной лаборатории, Иркутский областной радиотелевизионный передающий центр (664011, Иркутск, ул. Свердлова, 37), e-mail: biast\_0686@mail.ru.

### **Просвирыкова Лариса Владимировна**

старший преподаватель кафедры радиоэлектроники и телекоммуникационных систем, ИрННТУ (664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83), e-mail: lar\_prosv@mail.ru.

### **Просвирыкова Ольга Васильевна**

магистрант кафедры радиоэлектроники и телекоммуникационных систем ИрННТУ, e-mail: pt-38.opro@mail.ru.

## **Selection of optimal points for monitoring a single frequency network in digital terrestrial television of the Irkutsk region**

**A. S. Prosviryakov, L. V. Prosviryakova, O. V. Prosviryakova**

The article considers selecting points methodology for the main parameters monitoring of digital terrestrial television in densely populated areas of the Irkutsk region. Requirements for the choice of the measurement site have been developed. The measurements were carried out using a powerful broadcasting area of individual transceiver objects operating in a single frequency network. To carry out a research a control and measuring complex was created and a number of measurements were carried out in different areas of the Irkutsk region. During the experiment, the terrain relief, the zone of reliable reception, and the overlapping zones of signals from various stations of the single-frequency network were taken into account. The results of measuring the electromagnetic field strength, modulation error rates, bit error rates are presented in the paper. The methodology presented in the work allows you to identify errors timely and interference in a single-frequency network improving the reliability of the network and the quality of services provided.

**Keywords:** monitoring, terrestrial digital TV broadcasting network, DVB-T2 standard, coverage area, single frequency network, SFN, PWR, electromagnetic field strength, MER, modulation error rate, BER, bit error rate.