

## Институту магистратуры СПбГУТ 5 лет

УДК 621.397.13

# Особенности контроля параметров одночастотных сетей системы цифрового телевизионного вещания второго поколения

Бучатский А. Н., Куликов С. П.✉

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича  
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

**Постановка задачи:** в целях обеспечения бесперебойной и качественной трансляции сигналов цифрового эфирного телевидения необходим постоянный контроль над состоянием телевизионной сети. В действующих на данный момент нормативных документах по эксплуатации оборудования телевизионного вещания Российской Федерации не указана методика, позволяющая однозначно определить качество функционирования одночастотной сети цифрового наземного телевидения. **Целью работы** является обобщение теоретической информации по вопросам контроля параметров одночастотных сетей и представление обобщенной методики измерения одночастотных сетей цифрового наземного телевидения второго поколения. **Используемые методы:** синтез общедоступной теоретической информации в области цифрового телевидения и многолетние экспериментальные исследования функционирования одночастотной сети стандарта цифрового наземного телевидения второго поколения города Санкт-Петербурга и Ленинградской области. **Новизна:** элементами новизны представленной методики являются предварительный дистанционный контроль параметров L1-сигнализации и описанная последовательность практических измерений параметров одночастотной сети. **Результат:** использование представленного материала по контролю параметров одночастотной сети позволит сократить время обнаружения и, как следствие, время устранения аварийных ситуаций на сети телевизионного вещания Российской Федерации. **Практическая значимость:** указанная в данной статье методика применяется вещателями цифровой сети эфирного телевидения города Санкт-Петербурга и Ленинградской области, что позволило сократить финансовые затраты при эксплуатации сети цифрового телерадиовещания.

**Ключевые слова:** стандарт цифрового наземного телевидения второго поколения, одночастотная сеть, L1-pre сигнализация, L1-post сигнализация, идентификатор зоны одночастотной сети, идентификатор сети

## Введение

Для увеличения эффективности частотного ресурса большинство стран, применяющих стандарт цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2, аббр. от англ. Digital Video Broadcasting — Second Generation Terrestria) [1], используют режим одночастотной сети. Данный режим подразумевает объединение нескольких передающих станций в единую сеть, которая одновременно излучает идентичную информацию.

### Библиографическая ссылка на статью:

Бучатский А. Н., Куликов С. П. Особенности контроля параметров одночастотных сетей системы цифрового телевизионного вещания второго поколения // Вестник СПбГУТ. 2024. Т. 2. № 1. С. 8. EDN: TTLPPR

### Reference for citation:

Buchatskiy A., Kulikov S. Features of Control of Parameters of Single-Frequency Networks of the Second Generation Digital Television Broadcasting System // Herald of SPbSUT. 2024. Vol. 2. Iss. 1. P. 8. EDN: TTLPPR

Полезный сигнал, поступающий на входные интерфейсы приемных устройств, представляет собой сумму сигналов, передаваемых всеми DVB-T2 передатчиками. Одночастотная сеть функционирует только в зонах пересечения областей покрытия передающих станций. Данные зоны рассчитываются и измеряются на практике до момента ввода в эксплуатацию отдельных передающих станций [2].

К основным преимуществам режима одночастотной сети можно отнести высокую эффективность использования спектра, возможность построения сети с применением передающих устройств меньшей мощности. Из недостатков использования данного режима работы передающих устройств можно отметить необходимость в применении более точной синхронизации по частоте и системному времени, а также невозможность трансляции различного контента в пределах одной сети.

В целях корректного безаварийного функционирования системы цифрового эфирного телевидения второго поколения необходим непрерывный мониторинг состояния оборудования и одночастотной сети телевидения. В результате систематизации теоретических данных по правилам эксплуатации оборудования системы цифрового телевидения стандарта DVB-T2 для бесперебойного функционирования одночастотной сети необходимо выполнение следующих условий:

- сигнал, поступающий на все передатчики DVB-T2, должен быть сформирован одним и тем же устройством;

- все передающие устройства, входящие в одночастотную сеть, должны быть синхронизированы идентичными сигналами синхронизации; в данный момент используются сигналы 1 PPS (*аббр. от англ. Pulse per Second* — импульс в секунду) и 10 МГц, сформированные ГЛОНАСС-приемниками;

- планирование сети (выбор мощности и местоположения передатчиков, диаграммы направленности антенных систем и т. д.) должно быть выполнено таким образом, чтобы минимизировать возможные области интерференции [3];

- сеть должна быть оптимизирована регулировкой защитного интервала для того, чтобы свести интерференцию в зонах взаимного влияния передатчиков к минимуму.

При выполнении вышеописанных условий и штатной работе всех средств цифрового телевизионного вещания одночастотная сеть будет исправно функционировать. В противном случае, сигналы цифрового телевидения невозможно будет демодулировать.

В результате многолетней эксплуатации оборудования цифрового телевидения города Санкт-Петербурга и Ленинградской области было выявлено отсутствие методики по контролю качества функционирования одночастотной сети. Коллектив авторов предлагает осуществлять постоянный дистанционный мониторинг параметров одночастотной сети, включающий в себя контроль информации L1-сигнализации. Кроме того, при поступлении информации об отсутствии демодуляции сигнала в отдельных районах предлагается провести выездные измерения.

### Практические измерения параметров одночастотной сети

Для проведения практических измерений вне населенных пунктов необходима телескопическая мачта с возможностью крепления на ней антенны на высоте не менее 10 м от уровня земли. В случаях измерения параметров сигналов в населенном пункте необходимо использовать штатив с возможностью установки на нем приемной антенны на высоте 2 м от уровня перекрытия крыши здания [4]. Измерительные антенны, не менее двух штук, должны быть как с узкой диаграммой направленности, так и с широкой. Используя антенну с узкой диаграммой направленности, определяют азимут прихода полезного сигнала от каждого из передатчиков и производят измерение его параметров. Антенной с широкой диаграммой направленности измеряют качество функционирования одночастотной сети при приеме сигнала сразу от нескольких передающих устройств. Для измерения параметров сигнала используют телевизионные анализаторы с возможностью отображения спектра сигнала, измерения его качественных показателей (напряженность поля, соотношение сигнал/шум, коэффициент модуляционной ошибки (MER, *аббр. от англ. Modulation Error Ratio*), коэффициент битовой ошибки (BER, *аббр. от англ. Bit Error Ratio*), демодуляции видео и аудиоинформации. При отсутствии телевизионных анализаторов допускается использование спектроанализаторов совместно с телевизионными приемниками [5].

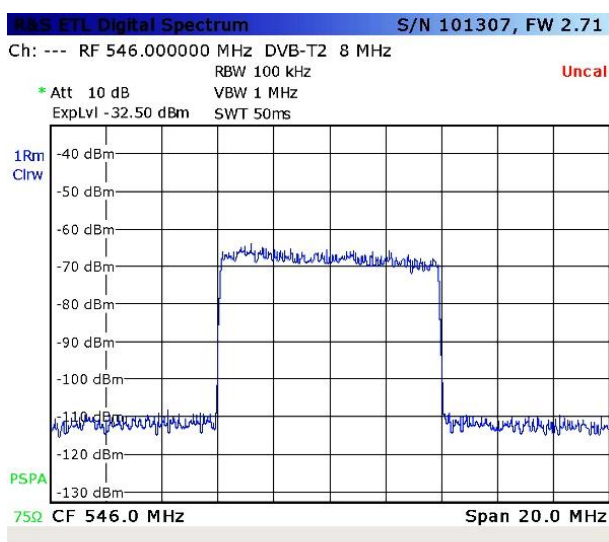
На основании синтеза информации по основам функционирования сети цифрового телевидения и многолетнего опыта эксплуатации оборудования телерадиовещания, коллектив авторов рекомендует придерживаться методики практических измерений одночастотной сети, представленной ниже поэтапно.

**Этап 1.** Установить антенну с широкой диаграммой направленности на телескопическую мачту или штатив.

**Этап 2.** Поворачивая приемную антенну по азимуту, сориентировать ее по максимальному уровню сигнала. Спектр сигнала указан на рисунке 1.

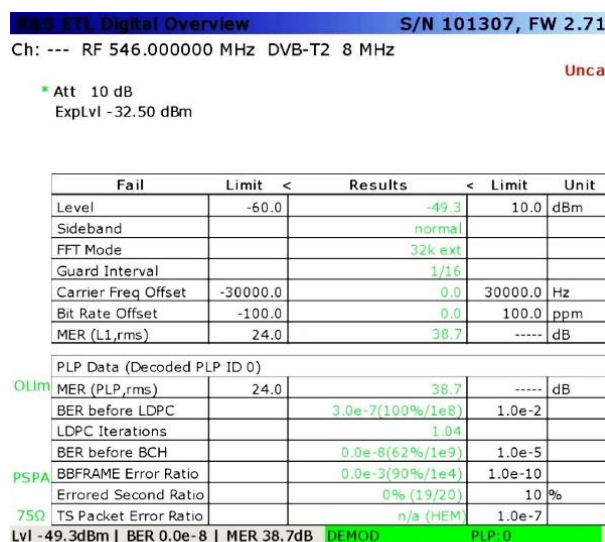
**Этап 3.** Определить тип канала приема.

**Этап 4.** Измерить параметры принимаемого сигнала (рисунок 2) от нескольких передающих станций.



Date: 27.MAY.2019 19:57:45

Рис. 1. Спектр принимаемого сигнала DVB-T2



Date: 27.MAY.2019 19:58:18

Рис. 2. Измерение параметров сигнала

**Этап 5.** В случае, если измеренные параметры сигнала принимают допустимые значения необходимо проанализировать L1-pre сигнализацию. L1-сигнализация в стандарте DVB-T2 передается с использованием двоичной фазовой манипуляции (рисунок 3а).

**Этап 6.** При отображении на экране телевизионного анализатора констелляции, указанной на рисунке 4а, необходимо проверить идентичность источников информации передающих станций и корректность установки идентификаторов зон одночастотной сети «CELL ID».

Определить передающее устройство с некорректными параметрами можно дистанционно, используя web-интерфейс каждого передающего устройства, или, установив антенну с узкой диаграммой направленности, проконтролировать значения идентификатора сети «Network ID» и идентификатора зоны одночастотной сети «CELL ID» каждой передающей станции. Исходя из опыта эксплуатации оборудования цифрового телевизионного вещания, можно отметить, что проблема самопроизвольного изменения значения «CELL ID» часто наблюдается при запуске новой линейки передающего оборудования.

**Этап 7.** После проверки идентичности параметров L1-pre сигнализации необходимо проконтролировать констелляционную диаграмму L1-post сигнализации. На рисунке 3б обозначена диаграмма с идентичной сигнализацией, а на рисунке 4б — с различной информацией в L1-post сигнализации.

Указанная ситуация с различными параметрами L1-post сигнализации наиболее характерна при разных значениях параметра «L1 freq». В данный момент в Российской Федерации не применяется технология временного разнесения, поэтому величина параметра «L1 freq» не имеет принципиального значения, но она должна быть одинаковой для всех передающих устройств, входящих в одночастотную сеть. В большинстве из них для значения «L1 freq» можно использовать показатель частоты сигнала, установленного на T2-шлюзе, или частоты сигнала, излучаемого самим передатчиком DVB-T2.

**Этап 8.** После проверки идентичности значения L1 сигнализации необходимо демодулировать видео- и аудиоинформацию и осуществить субъективную оценку качества.

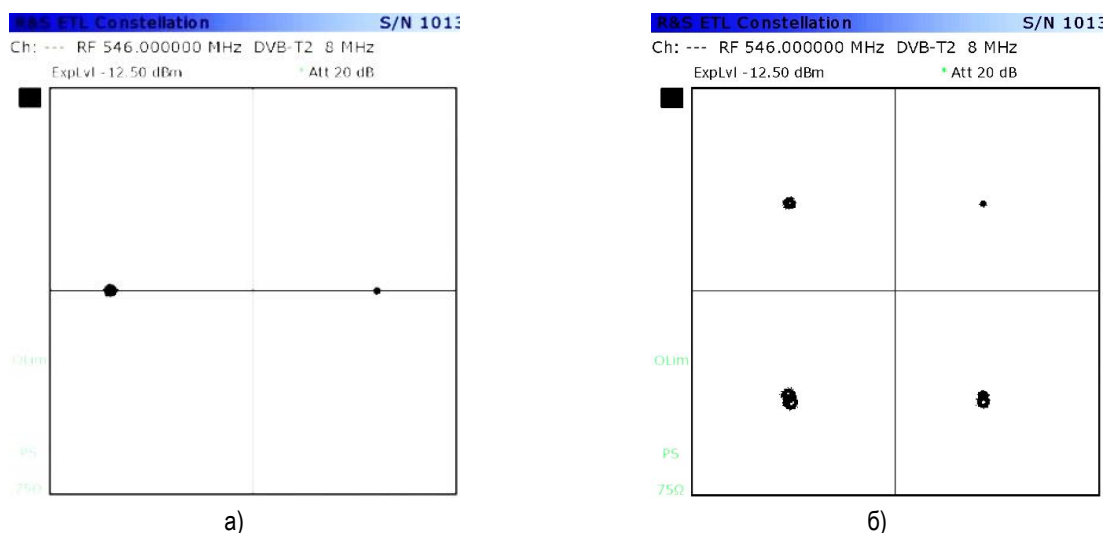


Рис. 3. Корректное отображение констелляционной диаграммы: а) L1-pre сигнализации; б) L1-post сигнализации

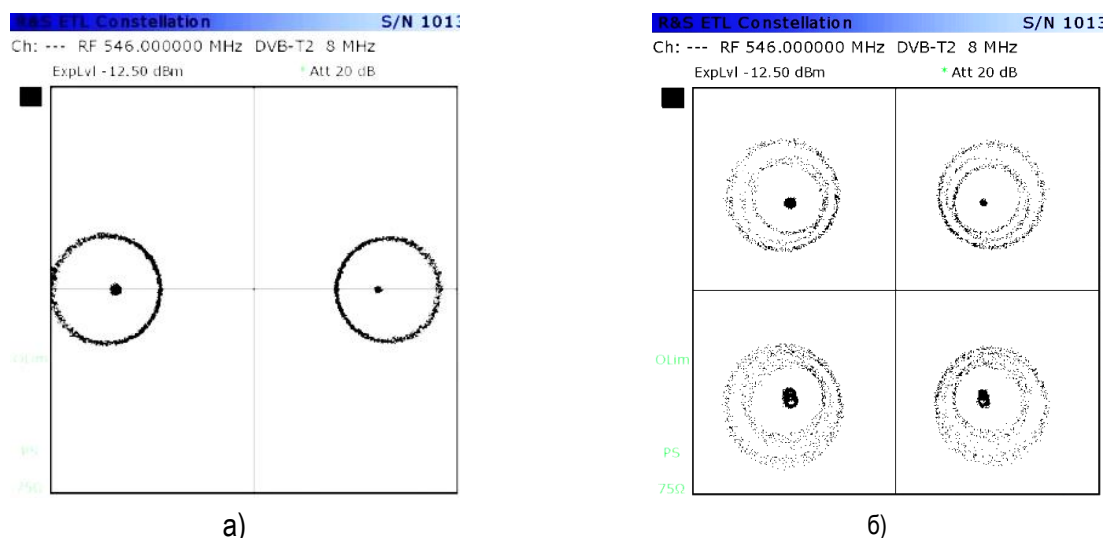


Рис. 4. Отображение констелляционной диаграммы: а) L1-pre сигнализации при различных параметрах сигнализации на передающих устройствах; б) L1-post сигнализации при различных параметрах сигнализации на передающих устройствах

Этап 9. Далее необходимо произвести аналогичные действия по измерению параметров сигнала и его демодуляции для остальных каналов физического уровня (PLP, *аббр. от англ.* Physical Layer Pipes).

При невозможности демодулировать отдельные каналы физического уровня необходимо проверить функционирование устройств дескремблирования, сплайсинга и реплейсирования сигнала. Проблемы дескремблирования сигнала возникают достаточно часто при отказе модуля условного доступа. В этом случае с одного из передающих устройств начинает транслироваться сигнал без дескремблирования отдельных сервисов, что приводит к различию информации, которая вещается передатчиками одночастотной сети. В области пересечения зон обслуживания передатчиков, вещающих исправный сигнал, и передатчика, вещающего недескремблированный сигнал, будет отсутствовать возможность демодуляции канала физического уровня, в котором находится скремблированный сервис. Дополнительно телезрители, находящиеся во всей области обслуживания передатчика, вещающего недескремблированный сервис, не смогут данный сервис демодулировать. При неисправности оборудования сплайсинга или вещания информации в других рекламных окнах проблемы будут наблюдаться только в области пересечения зон обслуживания передающего устройства с неисправным сплайсером и остальных передающих устройств для каналов физического уровня, в которых производится врезка локального контента. В случае неисправности оборудования реплейсирования у телезрителей будет отсутствовать возможность приема отдельных каналов физического уровня в области пересечения зон обслуживания передатчика с неисправным реплейсером и остальными передатчиками.

В случае некорректного функционирования одночастотной сети все параметры, кроме напряженности поля (уровня сигнала) и отношения сигнал/шум, будут равны нулю (исключение коэффициент BER, который, в этот момент, будет принимать максимальное значение). Для более точного определения неисправности, кроме случаев, указанных ранее, необходимо проанализировать эхо-диаграмму. При отсутствии демодуляции служебных сигналов DVB-T2 допускается произвести анализ времени запаздывания сигналов без демодуляции сервисов. В случае обнаружения на диаграмме сигнала с большим временем задержки или опережения основного сигнала (рисунок 5) необходимо изменить статическую задержку на передатчиках, воздействующих на данную точку приема.

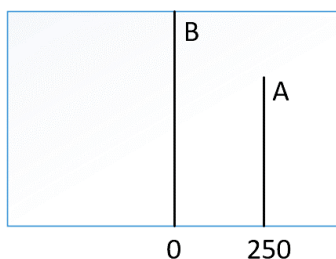


Рис. 5. Эхо-сигналы, превышающие величину защитного интервала

В Российской Федерации величина защитного интервала составляет 1/16 от длительности OFDM-символа (*аббр. от англ. Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*, т. е. символа, сформированного с применением технологии цифровой модуляции с использованием большого количества близко расположенных ортогональных поднесущих), или 224 мкс.

Если при анализе эхо-сигналов формируется диаграмма, содержащая большое количество эхо-сигналов с практически одинаковой задержкой между ними (рисунок 6), то необходимо проверить временные задержки сигнала на передающих устройствах и качество синхронизирующих сигналов.

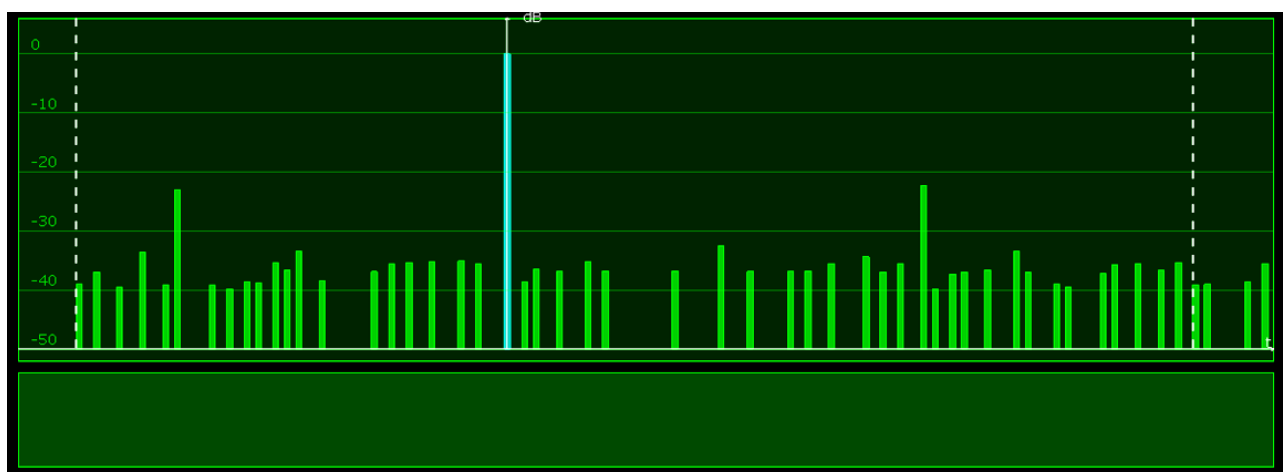


Рис. 6. Эхо-сигналы при функционировании передающих устройств в различных временных интервалах

Временные задержки сигнала можно проконтролировать через web-интерфейс передающих устройств (рисунок 7) или используя анализаторы транспортных потоков.

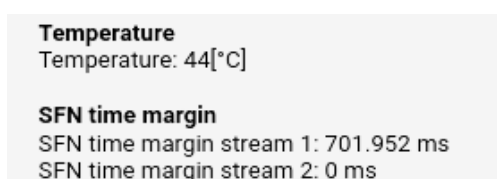


Рис. 7. Пример отображения времени задержки сигнала до излучения передатчиком Elti Sky

В случае если при анализе эхо-диаграммы на ней отсутствует сигнал от одного из передатчиков, зона обслуживания которого покрывает данную точку измерений, необходимо проконтролировать отклонение центральной несущей частоты этого передающего устройства [6].

### Заключение

В статье представлен синтез информации по вопросам функционирования одночастотных сетей систем цифрового наземного телевидения второго поколения. Применение указанной методики позволит сократить время обнаружения и устранения аварийного функционирования сети цифрового телевидения и сократить финансовые затраты на обслуживание объектов цифрового телевизионного вещания. Использование описанной в статье информации позволит повысить уровень квалификации работников в области цифрового телевизионного вещания.

В дальнейшем планируется провести исследования режимов функционирования одночастотной сети цифрового наземного телевидения Российской Федерации в зависимости от сетевых задержек сигнала интерфейса модулятора стандарта цифрового телевизионного вещания второго поколения (T2-MI — T2 Modulator Interface), поступающего на входные интерфейсы модуляторов.

### Литература

1. ГОСТ Р 58912-2020 Телевидение вещательное цифровое. Система эфирного наземного цифрового телевизионного вещания второго поколения DVB-T2. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2020. 73 с.
2. Карякин В. Л. Технология эксплуатации систем и сетей цифрового телевидения стандарта DVB-T2. М.: СОЛОН-Пресс, 2020. 384 с. EDN: FUWWQV
3. Цыцулин А. К., Зубакин И. А. Концепция качества информации в теории связи // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2016. Вып. 4. С. 19–25. EDN: WWCMJH
4. Приложение № 2 к решению ГКРЧ от 16 октября 2015 г. № 15-35-04. Методика определения зоны обслуживания одночастотной сети передающих станций наземного цифрового ТВ-вещания стандарта DVB-T2. М., 2014. 89 с. URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/prilozhenie-2-k-resheniyu-gkrch-15-35-04-metodika-zona-obsluzhivaniya-ochstantsij-dvb-t2.pdf> (дата обращения 06.03.2024)
5. Джакония В. Е., Гоголь А. А., Друзин Я. В., Ерганжиев Н. А., Коганер С. Э. и др. Телевидение: учебник для вузов. М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 616 с. EDN: OVVBJV
6. Бучатский А. Н., Гузенко О. А., Куликов С. П. Особенности измерений в одночастотных сетях цифрового эфирного телевидения второго поколения на примере анализа сигналов передающих станций Ленинградской области // Информационные технологии и телекоммуникации. 2019. Т. 7. № 3. С. 7–12. DOI: 10.31854/2307-1303-2019-7-3-7-12. EDN: GRALFO

Статья поступила 15 марта 2024 г.  
Одобрена после рецензирования 25 марта 2024 г.  
Принята к публикации 08 апреля 2024 г.

### Информация об авторах

*Бучатский Александр Николаевич* — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры телевидения и метрологии, директор института магистратуры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. E-mail: abuchatsky@sut.ru

*Куликов Сергей Павлович* — старший преподаватель кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. E-mail: kulikov.sp@sut.ru

# Features of Control of Parameters of Single-Frequency Networks of the Second Generation Digital Television Broadcasting System

A. Buchatskiy, S. Kulikov✉

The Bonch-Bruевич St.-Petersburg State University of Telecommunications,  
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

**Problem statement:** *in order to ensure uninterrupted and high-quality broadcasting of digital terrestrial television signals, it is necessary to constantly monitor the condition of the television network. The current regulatory documents on the operation of television broadcasting equipment of the Russian Federation do not specify the methodology that allows to unambiguously determine the quality of functioning of a single-frequency network of digital terrestrial television. **The purpose of the work** is to summarize the theoretical information on the control of single-frequency network parameters and to present a generalized methodology for measuring single-frequency networks of digital terrestrial television of the second generation. **Methods used:** synthesis of publicly available theoretical information in the field of digital television and long-term experimental studies of functioning of single-frequency network of Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial standard of St. Petersburg and Leningrad region. **Novelty:** the elements of novelty of the presented methodology are the preliminary remote control of L1-signaling parameters and the described sequence of practical measurements of single-frequency network parameters. **Result:** the use of the presented material on the control of single-frequency network parameters will reduce the time of detection and, consequently, the time of elimination of emergency situations on the television broadcasting network of the Russian Federation. **Practical significance:** the methodology specified in this article is applied by broadcasters of the digital terrestrial television network of St. Petersburg and the Leningrad region, which allowed to reduce financial costs in the operation of the digital television and radio broadcasting network.*

**Keywords:** *digital video broadcasting – second generation terrestrial, single frequency network, L1-pre signaling, L1-post signaling, CELL ID, Network ID*

## Information about Authors

*Buchatskiy Alexander* – Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Television and Metrology, Director of Master’s Institute (The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications). E–mail: abuchatsky@sut.ru

*Kulikov Sergey* – Senior Lecturer at the Department of Television and Metrology (The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications). E–mail: kulikov.sp@sut.ru