

4. Highly efficient antenna systems for unmanned aerial vehicles. URL: <https://ascam.aero/vyisokoefektivnyie-antennyie-sistemyi-bespilotnyih-letatelnyih-apparatov/> (accessed: 03.05.2023). (In Russ.)
5. Drone antenna types and simulation. URL: <https://www.cenos-platform.com/post/drone-antenna-types-simulation> (accessed: 15.04.2023).
6. Wireless Edge Ltd. Military antennas. URL: <https://www.mtiwe.com/?CategoryID=165&ArticleID=79> (accessed: 15.05.2023).
7. Drone antenna. URL: <https://www.aeroexpo.online/aeronautic-manufacturer/drone-antenna-3401.html> (accessed: 01.04.2023).
8. UAV Antenna Solutions. URL: <https://www.taoglas.com/product-category/iot-applications/uav-antenna-solutions/> (accessed: 15.04.2023).
9. Pylaev N.A. Prospects for the use of UAVs as carriers of communication repeaters. *Perspektivy razvitiya i primeneniya kompleksov s bespilotnymi leta-tel'nyimi apparatami: materialy II nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Kolomna: 924th State Center of Unmanned Aviation of the Ministry of Defense of the Russian Federation, 2017, pp.274–280. (In Russ.)
10. Buzov A.L. et al. Characteristic calculations of antennas for communication and retransmission placed on aircraft and helicopter unmanned aerial vehicles. *Radiotekhnika*, 2023, no. 6, pp. 100–108. (In Russ.)
11. Gerasimov I.A., Minkin M.A. Comparative analysis of the characteristics of a low-profile and whip antennas car radio subscriber. *Antenny*, 2017, no. 4, pp.48–54. (In Russ.)
12. Kopylov D.A., Kotkov K.V. Antennas for increasing the range of radio communication by portable radio stations, optimized taking into account temperature dependencies and technological tolerances. *Radiotekhnika*, 2022, no. 6, pp.61–66. (In Russ.)

Received 23.05.2023

РАДИОПЕРЕДАЮЩИЕ И РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА, ТЕЛЕВИДЕНИЕ

УДК 004

СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ В РОССИИ

Карякин В.Л.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ
E-mail: vl@karyakin.ru

Эксплуатация несертифицированного оборудования телерадиовещания, находящегося в 85 регионах России, является важнейшей проблемой развития региональных сетей вещания при отсутствии системных требований к сетевым передатчикам и наземным станциям спутниковых ретрансляторов в отечественном стандарте «Телевидение вещательное цифровое. Система эфирного наземного цифрового телевизионного вещания второго поколения DVB-T2». Системные требования в стандарте являются основой актуализации требований к оборудованию при его сертификации. На основе проведенных автором исследований, опубликованных в отечественных и зарубежных статьях, защищенных патентами Российской Федерации, представлены требования, предъявляемые к сетевым передатчикам и земным станциям спутниковых ретрансляторов в одночастотных сетях телерадиовещания. В частности, сформулированы системные требования к оборудованию при формировании регионального мультиплекса, по метрологическому обеспечению эксплуатации одночастотных сетей SFN (Single Frequency Network) и по распределенной системе мониторинга качества телерадиовещания стандарта DVB-T2. Представлены также требования по оценке эффективности работы сетей SFN, что позволит в дальнейшем модернизировать существующие региональные сети для повышения их надежности и качества телерадиовещания во всех 85 регионах РФ, сертифицировать оборудование в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации. Результаты, проведенных автором исследований, позволят разработать системный проект по созданию эфирного цифрового телевизионного вещания в четырех новых регионах России. Рассматриваются перспективы развития оборудования стандарта DVB-T2 на программном уровне.

Ключевые слова: Телевизионное вещание, системные требования, стандарт DVB-T2, региональные сети, мультиплекс, сертификация, системный проект

Введение

Эксплуатация несертифицированного оборудования телерадиовещания в России является важнейшей проблемой развития региональных сетей вещания [1] при отсутствии системных требований к сетевым передатчикам и наземным станциям спутниковых ретрансляторов в отечественном стандарте ГОСТ Р 58912-2020. Системные требования в стандарте являются основой актуализации требований к оборудованию при его сертификации в соответствии с постановлением Правительства РФ от 4 февраля 2022 г. № 113.

При изучении материалов стандарта ГОСТ Р 58912-2020 «Телевидение вещательное цифровое. Система эфирного наземного цифрового телевизионного вещания второго поколения DVB-T2» возник ряд серьезных замечаний к содержанию раздела 12, которые опубликованы в статье [1] и в видеороликах Telegram канала VLKaryakin [2] 30 апреля (замечания к содержанию стандарта) и 11 декабря (системные требования к оборудованию) 2022 года. Основной разработчик стандарта ГОСТ Р 58912-2020 ФГБУ НИИР (научно-исследовательский институт радио, г. Москва).

Специалисты НИИР, ознакомившись с критическими замечаниями к тексту раздела 12, изложенными в статье [1] и в видеоролике от 30 апреля в Telegram канале [2], не высказали возражений по опубликованным замечаниям ни по одной из четырех тем раздела 12 стандарта ГОСТ Р 58912-2020. Руководство НИИР считает, что поднятые вопросы являются актуальными и своевременными.

Задача разработки общих системных требований ко второй версии стандарта в кратчайшие сроки чрезвычайно актуальна, поскольку уже в ближайшее время необходимо будет разворачивать цифровое телевизионное вещание еще в четырех регионах России.

В этой связи руководством НИИР предложено сформулировать общие системные требования к передатчикам и наземным станциям спутниковых ретрансляторов в одночастотных сетях телерадиовещания и обсудить их среди широкого круга заинтересованных специалистов в области разработки и производства аппаратуры телерадиовещания, заинтересованных развитием современного эфирного телевидения в России, не уступающего кабельному, компьютерному и спутниковому цифровому телевидению по своей

надежности, контенту вещания, охвату населения и доступности для зрителей всех возрастов.

Необходимо активно конкурировать в различных видах цифрового телевидения по интерактивности, качеству контента, бороться за привлечение молодых зрителей и спонсоров телерадиовещания, которые являются, в первую очередь, индикаторами успешности вещателей и конкурентоспособности эфирного телевидения в России.

Существующий в настоящее время стандарт в своей основе (1–11 разделы) разработан на базе обязательного (EN) европейского стандарта. Однако, 12 раздел, раскрывающий техническую спецификацию одночастотных сетей, вызывает отторжение, поскольку ограничивает дальнейшее развитие цифрового телевидения. Технические решения в сетях с распределенной модификацией, предлагаемые в 12 разделе стандарта, создают тупиковую ситуацию и не позволяют бороться за привлечение молодых зрителей и спонсоров телерадиовещания.

Уход значительного числа спонсоров и безразличное отношение молодого поколения телезрителей к эфирному телевидению подтверждает необходимость выхода из создавшейся ситуации, несмотря на «успешное» завершение Федеральной Целевой Программы «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009 – 2018 годы», по мнению руководства вещателей и ряда заинтересованных специалистов.

Задачей настоящей статьи является разработка системных требований, предъявляемых к сетевым передатчикам и наземным станциям спутниковых ретрансляторов в одночастотных сетях телерадиовещания с целью доработки отечественного стандарта DVB-T2, что позволит в дальнейшем модернизировать существующие региональные сети для повышения их надежности и качества телерадиовещания во всех 85 регионах РФ, как и сертифицировать оборудование в соответствии с постановлением Правительства РФ. Кроме того, это позволит разработать системный проект по созданию эфирного цифрового телевизионного вещания еще в четырех регионах России с учетом замечаний и рекомендаций автора, опубликованных в отечественных и зарубежных статьях, защищенных патентами РФ.

Учитывая критические замечания по 12 разделу стандарта, изложение требований к оборудованию телерадиовещания осуществляется в порядке замечаний, сформулированных ранее в [1; 2].

1. Формирование регионального мультиплекса

1.1 Замечания по Разделу 12.1.1 стандарта

1. Метод распределенной модификации противоречит основному требованию обязательного европейского стандарта (EN) телерадиовещания DVB-T2 – возможности проведения параметрической оптимизации с целью повышения эффективности работы одночастотных сетей SFN, с оцениваемой скоростью передачи данных при заданном запасе устойчивости по коэффициенту битовых ошибок.

2. В методе распределенной модификации нет технической возможности изменять значения параметров федерального потока в зависимости от условий вещания. При формировании регионального потока сохраняются значения параметров федерального потока. В результате модифицированный поток T2-MI на выходе реплеисеров ретрансляторов во всех 85 регионах имеет единые параметры, устанавливаемые в шлюзе Федерального центра мультиплексирования независимо от условий вещания и физических размеров сетей SFN в регионах.

3. Усложнение структуры ретрансляторов для формирования регионального мультиплекса приводит к значительному росту производственных затрат при внедрении и эксплуатации сетей, понижению их надежности. Высокая стоимость дополнительного оборудования не позволяет осуществлять его горячее резервирование, что также понижает надежность сетей.

4. Метод распределенной модификации ограничивает дальнейшее развитие цифрового эфирного телевидения, возможность перехода от стандартной четкости к высокой и сверхвысокой четкости, не позволяет реализовать в России надежное и бесперебойное телерадиовещание.

1.2 Требования по формированию регионального мультиплекса

1. Преимущества перехода от структуры SFN с распределенной модификацией программ федерального мультиплекса к структуре сети [3; 4] заключаются в технической возможности оптимизации ее параметров, благодаря которой обеспечивается требуемая скорость передачи данных, необходимый запас устойчивости работы, техническая реализуемость при эксплуатации в различных регионах РФ, что исключает технические остановки и технический брак региональных сетей SFN.

Область вещания региональной одночастотной сети содержит n зон вещания, в каждой из которых расположен передатчик стандарта DVB-T2, ретранслирующий информацию в зоне вещания от спутникового приемника стандарта DVB-S2, принимающего модифицированный федеральный поток через спутниковый ретранслятор от приемо-передающей станции регионального Центра мультиплексирования.

В зонах вещания передатчиков одночастотной сети SFN дополнительно размещено n датчиков коэффициента битовых ошибок BER, соединенных с помощью волоконно-оптических линий связи с оптическим мультиплексором, выход которого соединен с малой передающей спутниковой станцией VSAT, осуществляющей связь с земной приемо-передающей станцией регионального центра мультиплексирования по обратному каналу через спутниковый ретранслятор.

Информация о коэффициентах битовых ошибок в области вещания поступает с выхода приемо-передающей станции регионального Центра мультиплексирования через оптический демультиплексор на многоканальный приемник, имеющий в своем составе индикаторную панель.

На индикаторной панели многоканального приемника имеются шаблоны по запасу и порогу устойчивости сети цифрового телерадиовещания, номинальной и максимальной скорости передачи данных, упрощающие настройку сети SFN.

Цифровая обработка федерального потока, поступающего с выхода приемо-передающей станции, осуществляется в региональном центре мультиплексирования.

Следует отметить, что под цифровой обработкой федерального потока понимается замена значений его параметров на региональные, вставка рекламы, замещение части федеральных программ первого мультиплекса региональными в процессе вещания.

2. В ряде регионов с развитой оптоволоконной сетью целесообразно применять сеть SFN вещания с наземными волоконно-оптическими каналами связи [5; 6; 21]. Существенным преимуществом рассматриваемой сети SFN [6] по сравнению с сетями [4] является низкая стоимость регионального частотного спутникового ресурса, предназначенного для ее функционирования исключительно в резервном режиме при аварийных работах, связанных с реконструкцией или ремонтом наземных каналов связи.

Метод формирования модифицированного федерального потока T2-MI в региональном центре

мультиплексирования, предлагаемый в патенте [6], аналогичен методу формирования модифицированного потока T2-MI в патенте [4].

Данный метод [6] формирования модифицированного федерального потока T2-MI позволяет устанавливать параметры работы региональной сети SFN, необходимые для заданного запаса устойчивости по коэффициенту битовых ошибок BER при максимальной скорости передачи данных.

Уменьшение влияния изменения задержек в волоконно-оптических каналах связи на работу SFN достигается включением в области вещания блока буферизации с задержкой, значительно превышающей изменения задержки сигнала в активном канале связи в процессе эксплуатации.

Учитывая, что сеть SFN должна устойчиво работать в резервном режиме при переключении на спутниковые каналы связи, время буферизации задается равным времени задержки информационного сигнала при прохождении через спутниковый ретранслятор с учетом задержек в магистральной части волоконно-оптического канала.

Распределение сигнала в зоны вещания осуществляется с помощью оптического разветвителя, установленного на выходе блока буферизации. В пределах области вещания, ввиду небольших расстояний от оптического разветвителя до передатчиков (менее 100 км), используются пассивные волоконно-оптические каналы связи с минимальными собственными задержками.

В зонах вещания каждый передатчик снабжен управляемой линией задержки в модуляторах для калибровки собственных задержек и переключателем режимов работы с основного наземного на спутниковый резервный режим с использованием региональных спутниковых каналов связи.

Техническая реализация управляемой линии задержки в модуляторах передатчиков стандарта DVB-T2 описана в [8].

Важным условием работы сети SFN является возможность перехода из штатного режима в резервный режим для подачи информационного сигнала из регионального центра мультиплексирования по спутниковым каналам связи.

2. Метрологическое обеспечение технической эксплуатации одночастотных сетей

2.1 Замечания по Разделам 12.1.2, 12.1.3 стандарта

Раздел 12.1.2 стандарта посвящен метрологическому обеспечению эксплуатации одночастотных сетей DVB-T2. В разделе 12.1.3 рассматривается метрологическое обеспечение эксплуатации

ТВ радиопередатчиков, работающих в составе ретрансляторов одночастотных сетей.

1. Изучив эти разделы, создается ощущение, что автор дает рекомендации либо не понимая принципа работы одночастотной сети, либо умышленно подгоняет эти рекомендации под необходимые с единственной целью – актуализации сертификатов соответствия без устранения существующих проблем в эксплуатации сети.

2. Отсутствуют системные рекомендации по обеспечению работоспособности одночастотных сетей.

В частности, нет информации при каких условиях обеспечивается синхронная работа сетевых передатчиков. Не представлены методы настройки одночастотных сетей с учетом разброса задержек в каналах передачи данных и модуляторах передатчиков.

2.2 Требования по метрологическому обеспечению технической эксплуатации одночастотных сетей

1. Существует европейский документ [9] ETSI TS 102 831 V1.2.1 (2012-08) Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2) (Цифровое видеовещание (DVB); Руководство по внедрению второго поколения системы цифрового наземного телевизионного вещания (DVB-T2)).

В руководстве [9] отмечается, что при работе в одночастотных сетях SFN необходима синхронизация передатчиков по частоте и по времени, которая применяется в системах DVB-T первого поколения и других системах, использующих ортогональное частотное разделение каналов с кодированием (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing, COFDM).

В руководстве по внедрению системы цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2) [9] в разделе 9.1.6 дана методика тестирования и калибровки модуляторов. Определены относительный и абсолютный режимы тестирования модуляторов.

2. Вопросам калибровки модуляторов в сетевых ТВ передатчиках посвящен ряд статей в отечественных журналах [10; 11], а используемые при этом технологии защищены патентами РФ [6; 12].

Предлагаемые в этих публикациях метод и устройство калибровки, а также алгоритм настроек телевизионных передатчиков позволяют обеспечить синхронную работу сетей SFN при разбросах задержек информационного сигнала не только в модуляторах передатчиков, но и в каналах передачи данных.

3. Методы настройки одночастотных сетей с учетом разброса задержек в каналах передачи данных и модуляторах передатчиков широко освещены в современной научно-технической литературе [13; 14] и обсуждались на международных конференциях [15–18].

Суть требований к методу настройки передатчиков состоит в следующем: настройка передатчиков, входящих в состав одночастотной SFN сети, должна обеспечить равенство временных задержек, не превышающих 2 с, на всех передатчиках в полном соответствии с выбранной относительной меткой времени, устанавливаемой в формирователе транспортного потока T2-MI.

3. Оценка эффективности работы одночастотных сетей

3.1 Замечания по Разделу 12.1.4 стандарта

Раздел 12.1.4 стандарта посвящен качеству обслуживания и качеству впечатления/восприятия в телевизионных системах. Содержание этого раздела говорит о слабом знакомстве авторов с современными технологиями цифрового телерадиовещания.

Авторы раздела 12.1.4 стандарта ограничились общими рекомендациями, не отражающими специфику цифрового телерадиовещания.

3.2 Требования к оценке эффективности работы одночастотных сетей

1. Объективными оценками качества являются скорость передачи данных и запас устойчивости по коэффициенту битовых ошибок BER (Bit Error Ratio).

В технической литературе [3; 18; 19] введено понятие логарифмического коэффициента битовых ошибок для удобства анализа результатов измерения:

$$K_{\text{BER}} = \lg(1/\text{BER}) = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots$$

Порог устойчивости – значение KBER, при котором прием цифрового ТВ сигнала становится невозможен. Обычно он находится в пределах от 2 до 3, но в каждом конкретном случае уточняется экспериментально.

Запас устойчивости – граница диапазона устойчивой работы сети SFN, ниже которой коэффициент битовых ошибок становится близок к его пороговому значению, при котором прием становится невозможен.

Для своевременного устранения причин, вызывающих увеличение числа битовых ошибок в сети SFN без потери качества приема ТВ вещания, KBER устанавливают обычно в пределах от 5 до 6.

Увеличение скорости передачи данных при сохранении запаса устойчивости позволяет переходить от вещания со стандартным качеством к вещанию с высоким или даже сверхвысоким качеством.

Этим вопросам посвящен ряд работ, опубликованных автором в России и за рубежом [3; 13; 16; 18; 20; 21], имеются патенты РФ [4; 19].

2. В соответствии с рекомендациями МСЭ-R BT.500-14 41 [22] существуют два класса субъективных оценок.

Первый – это оценки, которые определяют качество системы в оптимальных условиях работы; такие оценки обычно называют оценками качества.

Второй – это оценки, которые определяют способность системы поддерживать качество работы в неоптимальных условиях работы, обусловленных условиями передачи или распространения сигнала; такие оценки обычно называют оценками ухудшений.

Чтобы сделать наиболее подходящие субъективные оценки, необходимо прежде всего выбрать методику, которая наилучшим образом соответствует конкретным условиям и целям требуемой оценки изображения.

В телевизионном тестировании используется широкий спектр основных методов тестирования. Однако на практике для решения конкретных задач следует использовать определенные методы испытаний.

Часть 3 Рекомендаций [22] содержит указания к субъективной оценке качества изображения в соответствующих форматах.

Представляют интерес специализированные методики субъективной оценки качества изображения (см. стр. 63 рекомендаций МСЭ-R BT.500-14 41).

В частности, даны рекомендации к субъективной оценке качества цифровых телевизионных систем стандартной и высокой четкости.

4. Распределенная система мониторинга качества телерадиовещания стандарта DVB-T2

4.1 Замечания по Разделу 12.1.5 стандарта

Раздел 12.1.5 стандарта посвящен многоуровневому и распределенному мониторингу.

Содержание Раздела, к сожалению, ограничивается определениями и не содержит конкретных рекомендаций по решению существующих проблем.

В частности, требования по качеству вещания в штатном режиме достаточно жесткие:

- технический брак – нарушение нормальной работы SFN продолжительностью от 10 до 15 с;
- техническая остановка – нарушение нормальной работы SFN продолжительностью от 15 с до 10 мин;
- авария – нарушение нормальной работы SFN продолжительностью свыше 10 мин.

Операторы узнают о локальных проблемах в работе сетей от телезрителей по горячей линии, а о глобальных проблемах – при полной или частичной остановке вещания.

4.2 Требования к распределенной системе мониторинга качества телерадиовещания стандарта DVB-T2

Отсутствие технической возможности оценки запасов устойчивости сети неизбежно приводит к неопределенности в обеспечении ее работоспособности при эксплуатации и сложности оперативной оценки причин возникновения брака и технических остановок [23].

Способы и устройства мониторинга, запатентованные в РФ [4; 6; 19], позволяют провести диагностику запасов устойчивости сетей SFN, выявить и устранить причины отсутствия необходимых запасов устойчивости и перейти к параметрической оптимизации SFN, обеспечивающей заданную скорость передачи данных и требуемый запас устойчивости.

В [24; 25] рассмотрен прототип системы, предложенной для пилотной зоны, которая в дальнейшем может быть масштабирована на все регионы РФ для комплексной диагностики работоспособности сетей SFN.

Специфика цифрового телевидения заключается в том, что передатчики в зонах вещания могут излучать номинальную мощность, но прием у некоторых телезрителей при этом отсутствует.

Система позволит достоверно дифференцировать и локализовать проблему, которая может быть, как на стороне телезрителя, так и на стороне центров вещания.

5. Перспективы развития оборудования стандарта DVB-T2 на программном уровне

В последнее время в технике телекоммуникаций и телевизионного вещания успешно развивается приемно-передающее оборудование на программном уровне, получившее название SDR (Software Defined Radio). Разработка программного обеспечения на языке Python с открытым ко-

дом осуществляется с использованием бесплатного набора инструментов GNU Radio, который можно использовать с легкодоступным недорогим внешним радиочастотным оборудованием.

В частности, при применении устройства HackRF появляется возможность разработки SDR передатчиков на программном уровне в диапазоне до 6000 МГц. 19 августа 2023 года в [26] опубликован видеоролик с пробным вещанием на 25 телевизионном канале SDR передатчика стандарта DVB-T2. Для испытания применялся записанный телевизионный поток в формате ts, предоставленный руководством Самарского ОРТПЦ с тремя телевизионными программами: Россия 1, Россия 24, ОТР и одной радио программой Радио России.

Переход оборудования телевизионного вещания в РФ с аппаратного на программный уровень позволит при минимальных затратах решить перечисленные выше проблемы с учетом разработанных системных требований, увеличить количество мультиплексов, переходить от стандартного качества к высокому и обеспечить бесперебойное телерадиовещание в различных регионах России, благодаря возможности проведения параметрической оптимизации оборудования с учетом различных условий вещания в разных регионах РФ.

Заключение

1. Разработаны системные требования к сетевым передатчикам и земным станциям спутниковых ретрансляторов в одночастотных сетях телерадиовещания на основе анализа стандарта ГОСТ Р 58912-2020.

2. Решение поставленной задачи по разработке системных требований, предъявляемых к сетевым передатчикам и земным станциям спутниковых ретрансляторов в одночастотных сетях телерадиовещания, безусловно, актуально для развития цифрового телерадиовещания в России.

3. Помимо модернизации существующих региональных сетей и сертификации оборудования с учетом замечаний, и рекомендаций автора, защищенных патентами РФ, разработка системных требований позволит создать системный проект эфирного цифрового телевизионного вещания, превосходящего по своим качественным показателям, интерактивности и стоимости эксплуатации компьютерному и кабельному телевидению, еще в четырех регионах России.

4. Рассмотрены перспективы развития оборудования стандарта DVB-T2 на программном уровне.

5. Переход оборудования телевизионного вещания в РФ с аппаратного на программный уро-

вень позволит при минимальных затратах увеличить количество мультиплексов, переходить от стандартного качества к высокому и обеспечить бесперебойное телерадиовещание в разных регионах России

Литература

1. Карякин В.Л. Требования по эксплуатации спутниковых земных станций и передатчиков сети SFN в России // *Электросвязь*. 2022. № 5. С. 43–48.
2. Карякин В.Л. Требования по эксплуатации спутниковых земных станций и передатчиков сети SFN // Телеграмм-канал. URL: https://t.me/TV_VLK (дата обращения: 08.09.2023).
3. Карякин В.Л. Структурно-параметрическая оптимизация региональных сетей цифрового телерадиовещания РФ // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2018. Т.9, № 1. С. 80–84.
4. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Морозова Л.А. Региональная сеть цифрового ТВ вещания стандарта DVB-T2: патент 2649415. Российская Федерация. № 2017112041 / В. Л. Карякин (RU), Д.В. Карякин (RU), Л.А. Морозова (RU); заявл.10.04.17; опубл. 03.04.18, бюл. №10.
5. Карякин В.Л. Пути развития региональных сетей России стандарта DVB-T2 // *Электросвязь*. 2021. № 3. С. 50–54.
6. Региональная сеть цифрового ТВ вещания стандарта DVB-T2 с наземными каналами связи: патент 2689793. Российская Федерация. № 2018128404 / В. Л. Карякин (RU), Д. В. Карякин (RU), Л.А. Морозова (RU); заявл. 03.08.18; опубл. 29.05.19, бюл. №16.
7. Карякин В.Л. Технология эксплуатации систем и сетей цифрового телевидения стандарта DVB-T2: монография, 2-е изд., переработанное и дополненное. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2017. 384 с.
8. Карякин В.Л., Карякин Д.В. Техническая реализация метода измерения и калибровки задержек сигнала в модуляторах передатчиков стандарта DVB-T2 // *Электросвязь*. 2018. № 5. С. 22–25.
9. Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102800_102899/102831/01.02.01_60/ts_102831v010201p.pdf (дата обращения: 06.05.2023).
10. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Морозова Л.А. Метод измерения и калибровки задержек сигнала в модуляторах передатчиков стандарта DVB-T2 // *Электросвязь*. 2017. № 6. С.32–34.
11. Карякин В.Л. Инновационный путь решения проблемы сертификации передатчиков стандарта DVB-T2 в России // *Инфокоммуникационные технологии*. 2020. Т. 18, № 4. С. 456–464.
12. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Морозова Л.А. Способ измерения результирующих временных задержек в модуляторах передатчиков с управляемой линией задержки и устройство для его осуществления: патент 2606208. Российская Федерация. № 2015106772 / В.Л. Карякин (RU), Д.В. Карякин (RU), Л.А. Морозова (RU); заявл. 26.02.15, опубл. 10.01.17, бюл. №1.
13. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Морозова Л.А. Способы обеспечения работоспособности региональных синхронных сетей // *Электросвязь*. 2016. № 11. С. 30–35.
14. Синхронизация передатчиков одночастотной сети стандарта DVB-T2 / Д.А. Калиновский [и др.] // *Инфокоммуникационные технологии*. 2013. Т. 11, № 4. С. 86–90.
15. Karyakin V.L. Problems of Exploitation of the DVB-T2 Transmitters Standard in Russia // *International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH)*. 2020. P. 1–6. DOI:10.1109/EMCTECH49634.2020.9261555
16. Karyakin V.L. Ways to Develop Regional DVB-T2 Standard Networks in Russia // *2021 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*. 2021. P. 9488332. DOI:10.1109/SYNCHROINFO51390.2021.9488332
17. Karyakin V.L. Algorithm for Implementing the Method of Increasing the Reliability of the Regional Digital TV Broadcasting Network // *2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*. 2020. P. 9166005. DOI:10.1109/SYNCHROINFO49631.2020.9166005
18. Sushko I.V., Karyakin V.L. Diagnostics of Sustainability of SFN Networks – The First Step to Solving the Problem of High-Quality TV Broadcasting In Russia // *2019 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*. 2019. P. 8814053. DOI:10.1109/SYNCHROINFO.2019.8814053
19. Способ оценки качества канала передачи данных в системе IPTV по коэффициенту BER в режиме ТВ вещания и устройство для его осуществления: патент 2595945. Российская Федерация. № 2015113424 / В.Л. Карякин (RU),

- Д.В. Карякин (RU), Л.А. Морозова (RU); за-
явл. 10.04.2015; опубл. 27.08.2016, бюл. 24.
20. Карякин В.Л. Цифровое телевидение: учеб.
пособие для вузов, 3-е изд., переработанное
и дополненное. М.: Солон-Пресс, 2020. 460 с.
21. Карякин В.Л. Региональная сеть цифрового
ТВ вещания стандарта DVB-T2 с наземными
каналами связи // Системы синхронизации,
формирования и обработки сигналов. 2019.
Т. 10, № 3. С. 42–45.
22. Методики субъективной оценки качества те-
левизионных изображений. Серия ВТ. Ради-
овещательная служба (телевизионная). URL:
https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-VT.500-14-201910-I!!PDF-R.pdf (дата об-
ращения: 20.06.2023).
23. Карякин В.Л., Карякин Д.В. Пути решения
проблемы обеспечения надежности беспере-
бойного телерадиовещания региональных се-
тей // Электросвязь. 2019. № 2. С. 45–49.
24. Karyakin V.L., Karyakin D.V. Distributed
DVB-T2 Standard Broadcast Quality
Monitoring System // 2022 Systems of Signals
Generating and Processing in the Field of on
Board Communications. 2022. P. 9744340.
DOI:10.1109/IEEECONF53456.2022.9744340
25. Карякин В.Л. Клиент-серверная система мо-
ниторинга качества ТВ-вещания в России // *Физика волновых процессов и радиотехниче-
ские системы*. 2022. Т. 25, № 3. С. 36–42.
26. Карякин В.Л. Пробное вещание SDR передат-
чика стандарта DVB-T2 // Телеграмм-канал.
URL: https://t.me/TV_VLK (дата обращения:
08.09.2023).

Получено 20.05.2023

Карякин Владимир Леонидович, д.т.н, профессор, профессор кафедры радиотехниче-
ских и электронных систем Поволжского государственного университета телекомму-
никаций и информатики, 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23,
Тел. +7 927 600-28-94. E-mail: vl@karyakin.ru

SYSTEM REQUIREMENTS FOR TELEVISION BROADCASTING EQUIPMENT IN RUSSIA

Karyakin V.L.

*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation
E-mail: vl@karyakin.ru*

The operation of uncertified broadcasting equipment located in 85 regions of Russia is the most important problem in the development of regional broadcasting networks in the absence of system requirements for network transmitters and earth stations of satellite repeaters in the «Digital Broadcasting Television. System of terrestrial digital television broadcasting of the second generation DVB-T2. Second generation terrestrial digital television broadcasting system DVB-T2» domestic standard. Standard system requirements are the basis for actualization of requirements to the equipment during its certification. Requirements for network transmitters and earth stations of satellite repeaters in single-frequency broadcasting networks based on the author's research, published in domestic and foreign articles, protected by patents of the Russian Federation, are presented. In particular, the system requirements to the equipment for regional multiplex formation, metrological support of SFN (Single Frequency Network) operation and distributed system of DVB-T2 standard broadcasting quality monitoring are formulated. Requirements for assessing the efficiency of SFN networks, which will make it possible to further modernize existing regional networks to improve their reliability and the quality of television and radio broadcasting in all 85 regions of the Russian Federation, and to certify equipment in accordance with the resolution of the Government of the Russian Federation are also presented. The results of the author's research will make it possible to develop a system project for the creation of digital terrestrial television broadcasting in four new regions of Russia. The prospects for the development of DVB-T2 standard equipment at the program level are considered.

Keywords: *television broadcasting, system requirements, DVB-T2 standard, regional networks, multiplex, certification, system project*

DOI: 10.18469/ikt.2023.21.1.06

Karyakin Vladimir Leonidovich, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Professor of Radio Electronic Systems Department, Doctor of Technical Science, Professor. Tel. +7 927 600-28-94. E-mail: vl@karyakin.ru

References

1. Karyakin V.L. Requirements for the operation of satellite earth stations and SFN network transmitters in Russia. *Elektrosvyaz'*, 2022, no. 5, pp. 43–48. (In Russ.)
2. Karyakin V.L. Requirements for operation of satellite earth stations and SFN transmitters. Telegram kanal. URL: https://t.me/TV_VLK (accessed: 08.09.2023). (In Russ.)
3. Karyakin V.L. Structural-parametric optimization of regional networks of digital broadcasting of the Russian Federation. *Sistemy sinkhronizatsii, formirovaniya i obrabotki signalov*, 2018, vol. 9, no. 1, pp. 80–84. (In Russ.)
4. Regional network of digital TV broadcasting of DVB-T2 standard: patent 2649415. Russian Federation. No. 2017112041 / V.L. Karyakin, D.V. Karyakin, L.A. Morozova; dec. 10.04.17; publ. 03.04.18, bul. no. 10. (In Russ.)
5. Karyakin V.L. Directions of development of regional networks of the DVB-T2 standard in Russia. *Elektrosvyaz'*, 2021, no. 3, pp. 50–54. (In Russ.)
6. Regional digital TV broadcasting network of DVB-T2 standard with terrestrial channels: patent 2689793. Russian Federation. No. 2018128404 / V.L. Karyakin, D.V. Karyakin, L.A. Morozova; dec.03.08.18; publ. 29.05.19, bul. no. 16. (In Russ.)
7. Karyakin V.L. *Technology of digital television systems and networks operation of DVB-T2 standard: Monograph*, 2th Ed., pererabotannoe i dopolnennoe. Moscow: Solon-Press, 2017, 384 p. (In Russ.)
8. Karyakin V.L., Karyakin D.V. Technical implementation of the method of measurement and calibration of signal delays in modulators of DVB-T2 transmitters. *Elektrosvyaz'*, 2018, no. 5, pp. 22–25. (In Russ.)
9. Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102800_102899/102831/01.02.01_60/ts_102831v010201p.pdf (accessed: 06.05.2023).
10. Karyakin, V.L. Karyakin, D.V. Morozova L.A. Method of measurement and calibration of signal delays in modulators of DVB-T2 standard transmitters. *Elektrosvyaz'*, 2017, no. 6, pp. 32–34. (In Russ.)
11. Karyakin V.L. Innovative way to solve the problem of certification of DVB-T2 transmitters in Russia. *Infokommunikatsionnye tekhnologii*, 2020, vol. 18, no. 4, pp. 456–464. (In Russ.)
12. Method for measuring the resultant time delays in transmitter modulators with controllable delay line and a device for its implementation: patent 2606208. Russian Federation. No. 2015106772 / V.L. Karyakin, D.V. Karyakin, L.A. Morozova; dec. 26.02.15; publ. 10.01.17, bul. no. 1. (In Russ.)
13. Karyakin V.L., Karyakin D.V., Morozova L.A. Methods to ensure efficiency of regional synchronous networks. *Elektrosvyaz'*, 2016, no. 11, pp. 30–35. (In Russ.)
14. Kalinovskiy D.A., Karyakin V.L., Karyakin D.V., Sidorenko O.I. Synchronization transmitters SFN network standard DVB-T2. *Infokommunikatsionnye tekhnologii*, 2013, vol. 11, no. 4, pp. 86–90. (In Russ.)
15. Karyakin V.L. Problems of Exploitation of the DVB-T2 Transmitters Standard in Russia. *International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH)*, 2020, pp. 1–6. DOI:10.1109/EMCTECH49634.2020.9261555
16. Karyakin V.L. Ways to Develop Regional DVB-T2 Standard Networks in Russia. *2021 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*, 2021, pp. 9488332. DOI:10.1109/SYNCHROINFO51390.2021.9488332

17. Karyakin V.L. Algorithm for Implementing the Method of Increasing the Reliability of the Regional Digital TV Broadcasting Network. *2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*, 2020, pp. 9166005. DOI:10.1109/SYNCHROINFO49631.2020.9166005
18. Sushko I.V., Karyakin V.L. Diagnostics of Sustainability of SFN Networks – The First Step to Solving the Problem of High-Quality TV Broadcasting In Russia. *2019 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*, 2019, pp. 8814053. DOI:10.1109/SYNCHROINFO.2019.8814053
19. Method of data channel quality assessment in IPTV system by BER coefficient in TV broadcasting mode and device for its implementation: patent 259594. Russian Federation. No. 2015113424 / V.L. Karyakin, D.V. Karyakin, L.A. Morozova; dec. 10.04.2015; publ. 27.08.2016, bul. no. 24. (In Russ.)
20. Karyakin, V.L. *Digital television: Textbook for Universities*, 3-e izd., pererabotannoe i dopolnennoe. Moscow: Solon-Press, 2020, 460 p. (In Russ.)
21. Karyakin, V.L. Regional digital TV broadcasting network of DVB-T2 standard with terrestrial communication channels. *Sistemy sinkhronizatsii, formirovaniya i obrabotki signalov*, 2019, vol. 10, no. 3, pp. 42–45. (In Russ.)
22. Methods for subjective assessment of the quality of television images. Seriya BT. Radioveshchatel'naya sluzhba (televizionnaya). URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-14-201910-I!!PDF-R.pdf (accessed: 20.06.2023). (In Russ.)
23. Karyakin V.L., Karyakin D.V. Ways to solve the problem of ensuring reliability of uninterrupted TV broadcasting of regional networks. *Elektrosvyaz'*, 2019, no. 2, pp. 45–49. (In Russ.)
24. Karyakin V.L., Karyakin D.V. Distributed DVB-T2 Standard Broadcast Quality Monitoring System. *Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications*, 2022, pp. 9744340. DOI:10.1109/IEEECONF53456.2022.9744340 (In Russ.)
25. Karyakin V.L. Client-server system for monitoring the quality of TV broadcasting in Russia. *Physics of Wave Processes and Radio Systems*, 2022, vol. 25, no. 3, pp. 36–42. (In Russ.)
26. Karjakin V.L. Trial broadcasting of SDR transmitter of DVB-T2 standard. Telegram kanal, 2023. URL: https://t.me/TV_VLK (accessed: 08.09.2023). (In Russ.)

Received 20.05.2023

УДК 004.75

ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕТРАНСЛЯТОРОВ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ НА МЕСТНОСТИ С ПРЕПЯТСТВИЯМИ

*Старцев Д.Ю., Логинов И.В., Сосунов В.Г., Плыгунов О.В.
Академия федеральной службы охраны России, Орел, РФ
E-mail: loginov_iv@bk.ru*

При развертывании временных технических систем безопасности в интересах обеспечения общественной безопасности при проведении массовых мероприятий широко используют быстроразвертываемые датчики обнаружения опасных событий: наблюдения за транспортными потоками и посетителями, обнаружение возгораний, драк, агрессивного поведения, опасных оставленных предметов, беспилотных летательных аппаратов. Ряд важных ограничений, среди которых геометрические размеры зон установки детекторов и ретрансляторов, пропускные способности каналов передачи данных, наличие запретных зон и высокая скорость передачи данных от современных датчиков опасных событий показывает необходимость рационального размещения ретрансляторов. В рамках решения этой задачи предложен алгоритм расчета мест размещения ретрансляторов на местности с препятствиями. Итеративный алгоритм расчета мест размещения позволяет найти точки установки ретрансляторов для обеспечения передачи высокоскоростных потоков данных мониторинга.

Ключевые слова: ретранслятор, метод, положение, координаты, расстояние, система безопасности, радиосвязь, информационный поток, детектор