

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ВЕЩАНИЯ РАВИС

Дворкович В.П., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой мультимедийных технологий и телекоммуникаций Московского физико-технического института (государственного университета), e-mail: v.dvorkovich@mail.ru;
Дворкович А.В., д.т.н., чл.-корр. РАН, директор физтех-школы радиотехники и компьютерных технологий Московского физико-технического института (государственного университета), e-mail: dvork-alex@yandex.ru;
Иртыга В.А., к.т.н., научный сотрудник лаборатории мультимедийных систем и технологий Московского физико-технического института (государственного университета), e-mail: virtuga@mail.ru;
Седова М.А., директор по развитию и внедрению системы РАВИС Московского физико-технического института (государственного университета), e-mail: sedovamarina2017@yandex.ru.

RESULTS OF FIELD TESTS OF DIGITAL MULTIMEDIA BROADCASTING TECHNOLOGY RAVIS

Dvorkovich V.P., Dvorkovich A.V., Irtyuga V.A., Sedova M.A.

The article presents the research results of the video information system RAVIS, that provides in a standard channel with a bandwidth up to 250 kHz encoding and transmission of 10-15 stereo sound programmes, or a standard TV programme broadcasting. The results of the tests carried out in Kazan and Izhevsk showed the possibilities of the system for fixed and mobile reception.

The main application of the RAVIS technology is the provision of local audiovisual broadcasting, including reception in transport, and the provision of additional notification service for the Ministry of Emergency Situations. To implement the system, it is necessary to deploy broadcasting in pilot areas to demonstrate the capabilities and advantages of the system.

Key words: RAVIS, digital terrestrial broadcasting, test trials, test broadcasting, fixed reception, mobile, reception, MER, BER.

Ключевые слова: РАВИС, цифровое радиовещание, полевые испытания, опытное вещание, фиксированный прием, мобильный прием, MER, BER.

Введение

РАВИС – запатентованная и стандартизированная в России технология цифровой наземной радиопередачи аудиовизуальной информации [1-8], признанная на международном уровне [9-13]. Принцип создания отечественной системы цифрового телерадиовещания РАВИС был обоснован патентом РФ на вещание телевидения через узкополосный канал связи еще в 2000 году [1]. Предполагалось интегрирование России в общемировую систему цифровых телекоммуникаций на базе российского стандарта, взаимодействие с другими стандартами телерадиовещания.

Основными аспектами «Цифровой экономики» в соответствии с майскими Указами 2017 года Президента РФ Путина В.В. являются:

- «поддержка традиционных средств распространения информации, в первую очередь – **радио**»;
- «внедрение радиотехнических инновационных систем как **приоритетного пути технологического развития**».

Эти Указы подчеркивают необходимость внедрения на территории России инновационных разработок российских ученых в телекоммуникационной сфере, не имеющих аналогов в мире и обеспечивающих экономи-

Приведены результаты практических исследований отечественной видеоинформационной системы РАВИС, обеспечивающей кодирование и передачу в стандартном радиоканале с полосой до 250 кГц 10-15 звуковых стереофонических программ, либо программы стандартного ТВ вещания. Результаты испытаний, проведенных в г.г. Казани и Ижевске, показали возможности системы при фиксированном и мобильном приеме.

Основное применение технологии РАВИС – обеспечение локального аудиовизуального вещания, в том числе, в транспорте, и предоставление сервиса дополнительного оповещения для МЧС. Для внедрения системы необходимо дальнейшее развертывание вещания в опытных зонах для демонстрации возможностей и преимуществ системы.

ческую безопасность России.

«Создание инновационной продукции является ключевым фактором, определяющим конкурентоспособность национальных экономик и эффективность национальных стратегий безопасности», утверждается в указанных документах.

В 2018 г. Президент РФ подписал новый Указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [14], где одной из ключевых задач определено «обеспечение **ускоренного** внедрения российских цифровых технологий в экономике и социальной сфере, повышения качества безопасной передачи информации, доступной для всех организаций и домохозяйств, посредством российских инновационных технологий».

Можно отметить таких выдающихся российских ученых, как А.С. Попов, в 1895 году изобретший радио, Б.Л. Розинг, ставший в 1911 году основоположником передачи изображений, В.К. Зворыкин, разработавший в подарок Американскому континенту современную систему телевизионного вещания. И в советское время было много выдающихся ученых в области радио и телевидения: А.Я. Брейтбарт, П.В. Шамаков, С.И. Катаев, Г.В. Брауде, С.В. Новаковский и др.

На сегодняшний день в плане внедрения цифрового телерадиовещания можно отметить следующее. Системы цифрового телевидения разработаны и внедрены: в США и Канаде (ATSC), 2 поколения системы DVB в Европе, ISDB в Японии и Бразилии, два поколения системы DTMB в Китае. Системы цифрового радиовещания внедрены: в США и Канаде (HD Radio), частично во многих странах Европы, Австралии (DAB, DAB+), Южной Корее (DMB), частично в ряде стран – DRM.

Россия же – единственная в Европе страна, где параллельно с частичным внедрением цифрового телевидения осуществляется аналоговое ТВ вещание. В то же время в России имеются свои собственные передовые разработки в этой области. Инновационная система РАВИС может обеспечить организацию цифрового мультимедийного вещания и позволяет существенно увеличить количество радиопрограмм в FM-диапазоне, задействовать часть радиоканалов под передачу ТВ программ.

В конце 2015 года было принято решение Государственной комиссии по радиочастотам о создании опытных участков в 4-х городах: Казани, Ижевске, Краснодаре и Калининграде (№15-35-01 от 16.10.2015). В соответствии с этим решением в октябре 2017 г. была запущена тестовая эксплуатация технологии РАВИС в Республике Татарстан, а в мае 2018 г. – в Удмуртской Республике.

В г.г. Казань и Ижевск и их окрестностях (в радиусе 40 км) были начаты полевые испытания опытного вещания РАВИС для уточнения некоторых технических характеристик оборудования, параметров планирования сети вещания и для популяризации сервиса цифрового мультимедийного вещания для стационарного и мобильного приема.

Полевые испытания технологии включали тестирование многопрограммного звукового вещания и видеовещания при стационарном и мобильном приеме и тестирование мобильного разнесенного приема. В ходе испытаний технология РАВИС продемонстрировала, в том числе, свою высокую эффективность в качестве дополнительного беспроводного средства массового оповещения ГО и ЧС, в частности, в здании Главного управления МЧС России по РТ и в здании отдела полиции для МВД.

В связи с острой необходимостью в качественной современной системе оповещения ГО и ЧС в различных местах массового скопления населения, технология РАВИС вызвала большой интерес со стороны МЧС России по Республике Татарстан. До конца 2018 г. в полевые испытания опытного цифрового вещания в г. Казани включено тестирование мобильного приема ви-

деовещания в муниципальном и индивидуальном транспорте. Стационарное цифровое опытное вещание РАВИС в качестве дополнительного беспроводного средства массового оповещения ГО и ЧС в интересах МЧС России по РТ будет продолжено в торговых центрах, кинотеатрах, медицинских учреждениях, промышленных предприятиях и др. объектах г. Казани.

Помимо проведения работ в г. Казани 31 мая 2018 г. состоялся запуск второго пилотного проекта системы РАВИС в г. Ижевск (Удмуртская Республика) при активном участии ПАО «Ростелеком». Развертывание и внедрение цифрового радиовещания в Татарстане и Удмуртии поддерживается на правительственном уровне республик.

По Поручению Президента Республики Татарстан Минниханова Р.Н. для оперативного решения вопросов внедрения на территории РТ технологии цифрового радио и телевидения в FM-диапазоне (РАВИС) ответственным координатором назначено Министерство информатизации и связи Республики Татарстан. В Удмуртии ответственным координатором проекта РАВИС по решению Главы и Правительства Удмуртской Республики назначено Министерство промышленности и торговли УР в лице и.о. министра промышленности и торговли Удмуртии.

По окончании тестовых испытаний наземного вещания в опытных зонах проектом предусмотрена организация мелкосерийного, а затем серийного производства оборудования для реализации вещания на всей территории России и в других странах.

На данном этапе мелкосерийный выпуск приемного оборудования предусмотрен АО «Сарапульский радиозавод». Созданы опытные образцы цифровых приемников для гражданского и специального применения, как стационарных, так и для установки в движущемся транспорте.

Производство цифрового передающего оборудования предусмотрено в рамках сотрудничества с МФТИ (г. Москва) и ООО «НПП Триада-ТВ» (г. Новосибирск).

Большую заинтересованность в участии в проекте РАВИС выразило АО «Омский НИИ приборостроения», имеющее более чем 15-летний практический опыт разработки кремневой электроники. Применение кремниевых технологий приведет к сокращению себестоимости цифровых приемников РАВИС в 10 и более раз, что существенно увеличит объемы продаж приемников при коммерческом внедрении цифрового мобильного вещания.

Полевые испытания

Полевые испытания технологии РАВИС проходили в г. Казань, Республика Татарстан, в несколько этапов:

- 20 октября – 4 ноября 2017 г. (запуск);
- 5-9 декабря 2017 г. (фиксированный прием);
- 26 января – 1 февраля 2018 г. (фиксированный прием);
- 13-17 марта 2018 г. (мобильный прием).

Сертифицированный передатчик был установлен по адресу: Республика Татарстан, с. Верхний Услон, РТПЦ «Телецентр» (рис. 1).

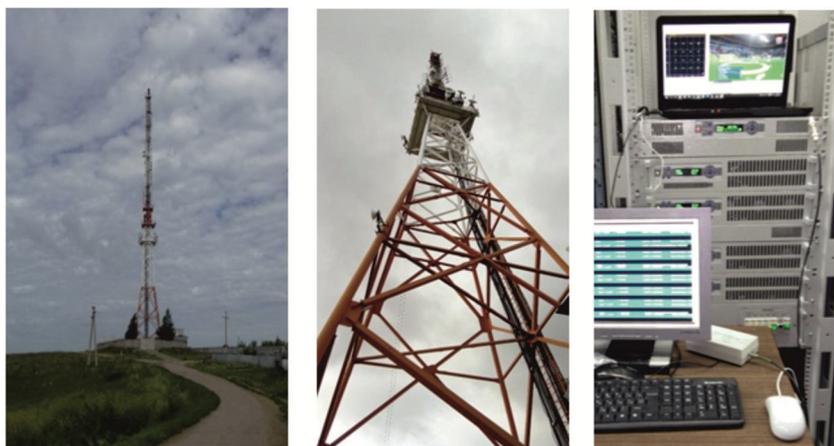


Рис. 1. Антенная мачта и передатчик РАВИС с контрольным приемником, с. Верхний Услон

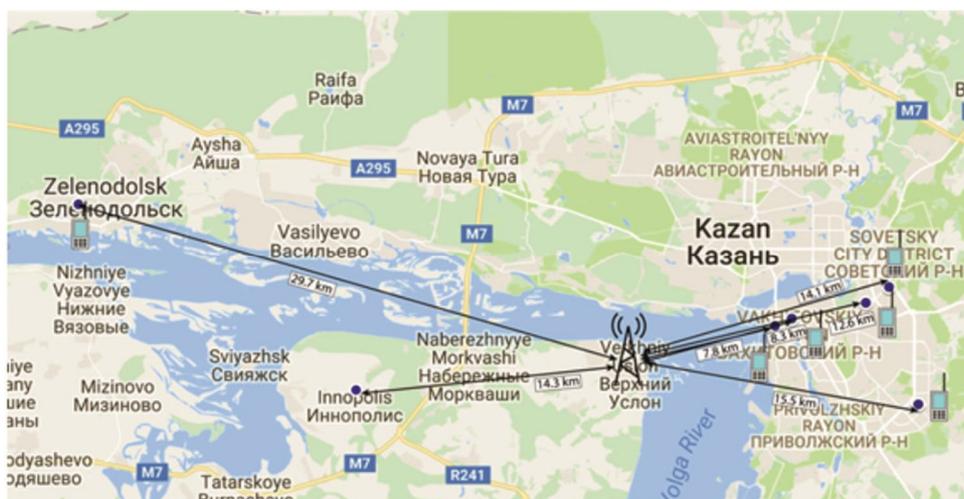


Рис. 2. Точки установки приемника при испытаниях фиксированного приема

- Параметры передатчика:
- средняя выходная мощность 440-500 Вт;
- высота подвеса антенны – 150 м;
- высота основания антенно-мачтового сооружения – 180 м;
- частота радиоканала – 99,6 МГц;
- полоса сигнала - 100, 200, 250 кГц.

Мобильный прием

Мобильный прием тестировался в автомобиле Hyundai Solaris с использованием одной или двух штыревых антенн с магнитным основанием длиной 70 см (разнесенный прием), расстояние между антеннами 90 см. Измерительный приемник – USRP-2950 (NI & Ettus Research) с ПО «Приемник РАВИС».

Испытания мобильного приема проводились в движущемся автомобиле по различным маршрутам в черте города Казань и в его близлежащих окрестностях. В ходе измерений записывались уровни сигнала по каждому из каналов, MER по эталонному сигналу суммарного сигнала при разнесенном приеме (MRC), битовая ошибка в суммарном сигнале. Характер канальных искажений, наблюдаемый в Казани, имеет ярко выраженный многолучевой характер с быстрыми временными и частотными замираниями. Также оценивалось визуальное качество приема видеосигнала и звукового сопровождения. Тестировались все режимы QAM-моду-

ляции и скоростей канального кодирования, предусмотренные в системе РАВИС. Координаты трека записывались с помощью приемника ГЛОНАСС/GPS, видеозапись проезда велась с помощью видеорегистратора.

Фиксированный прием

На время испытаний фиксированного приема приемники устанавливались в следующих точках:

- здание отдела полиции УВД г. Казани;
- здание Главного управления МЧС по Республике Татарстан;
- здание МЦК КТИТС (Межрегиональный Центр Компетенций – Казанский техникум информационных технологий и связи);
- здание Министерства информатизации и связи Республики Татарстан;
- здание гостиницы «Кристалл», г. Казань.

При испытаниях фиксированного приема использовалась одна штыревая антенна на магнитном основании длиной 70 см, которая устанавливалась на высоту не ниже 2 этажа (крыша или отлив за окном). Приемник осуществлял проигрывание многопрограммного звукового стереофонического вещания, звукового многоканального (5.1) вещания, видеовещания со звуковым сопровождением (трансляция записи футбольного матча).

На рис. 2 изображены места установки приемников при тестировании фиксированного приема. Параметры

передачи при испытаниях фиксированного приема: полосу сигнала 250 кГц, модуляция несущих 16-QAM, скорость канального кодирования $R = 3/4$. На рис. 3-5 приведены фотографии некоторых мест установки приемников.



Рис. 3. Здание отдела полиции УВД г. Казани (антенна на крыше здания и приемник RAVICS)



Рис. 4. Здание Главного управления МЧС по Республике Татарстан, приемник, антенна установлена за окном



Рис. 5. МЦК КТИТС

На рис. 6 приведены спектры сигнала на приеме. Хорошо заметны частотно-селективные замирения, вызванные многолучевым распространением сигнала. Во всех точках установки фиксированных приемников система RAVICS обеспечивала устойчивый безошибочный прием сигнала, $MER > 20$ дБ, $BER = 0$.

Фотографии автомобиля и установленного в нем приемника RAVICS приведены на рис. 7.

1. Трек ул. Гареева – с. Новая Тура
 - Модуляция 16-QAM, $R = 1/2$, скорость потока 400 кбит/с.
 - Длительность трека: 53 минуты.
 - Диапазон скорости движения: 50 – 110 км/ч.

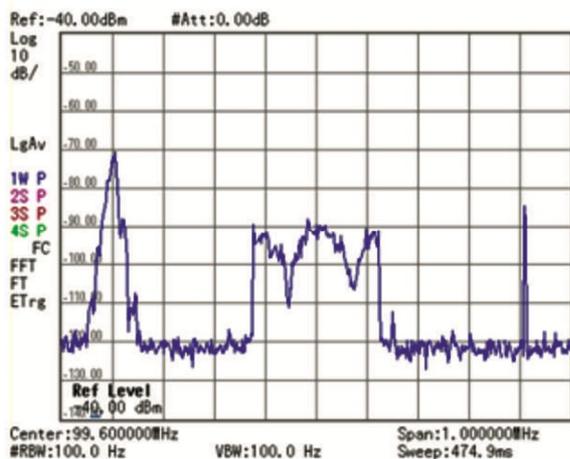


Рис. 6. Спектр сигнала RAVICS с частотно-селективными замирениями в канале

Результаты. На большей части трека битовый поток передавался без искажений ($BER = 0$), на остальных участках битовые ошибки возникали из-за холмистого характера местности при существенном понижении высоты над уровнем моря в точке приема. На этих участках наблюдается практически полное отсутствие сигнала. На участках трека с нулевой битовой ошибкой воспринимаемое качество приема видео и звука соответствует идеальному (рис. 8). Максимальное удаление от передатчика составило 24,3 км (25-я минута, устойчивый прием).

2. Трек с. Новая Тура – ул. Гареева
 - Модуляция QPSK, $R = 1/2$, скорость потока 200 кбит/с.

- Длительность трека: 53 минуты.
- Диапазон скорости движения: 50 – 110 км/ч.

Результаты. Данный трек записан в обратном направлении относительно предыдущего. Из приведенного графика видно, что падение мощности сигнала наблюдалось на том же участке. На остальной части трека воспринимаемое качество приема видео и звука соответствует идеальному ($BER = 0$, рис. 9).

3. Трек ул. Боевая – ул. Бигичева (маршрут 30-го автобуса)

- Модуляция 16-QAM, $R = 1/2$, скорость потока 400 кбит/с.

- Длительность трека: 51 минута.
- Диапазон скорости движения: 30 – 60 км/ч с остановками на светофорах и пешеходных переходах.

Результаты. Трек проходит через центральную часть города. На всем протяжении трека $BER = 0$ (за исключением одной точки в конце). Воспринимаемое качество приема видео и звука соответствует идеальному на всем протяжении трека (рис. 10).

4. Трек ул. Гареева – ул. Александра Пархоменко (маршрут 22-го автобуса)

- Модуляция 16-QAM, $R = 1/2$, скорость потока 400 кбит/с.

- Длительность трека: 46 минут.
- Диапазон скорости движения: 30 – 60 км/ч с остановками на светофорах и пешеходных переходах.

Результаты. Трек проходит через центральную часть города. На всем протяжении трека $BER = 0$. Воспринимаемое качество приема видео и звука соответствует идеальному на всем протяжении трека (рис. 11).

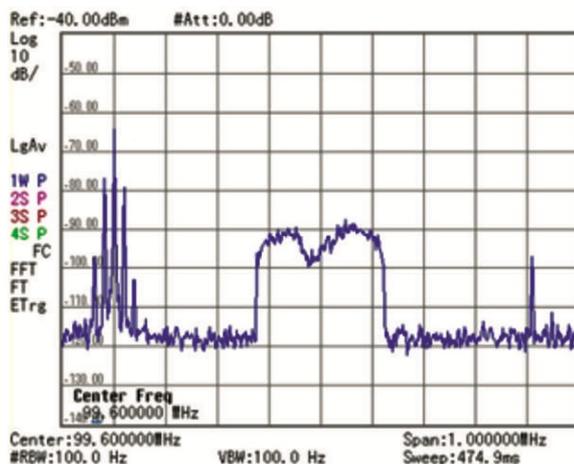




Рис. 7. Автомашина с установленными антеннами, приемник внутри автомашины

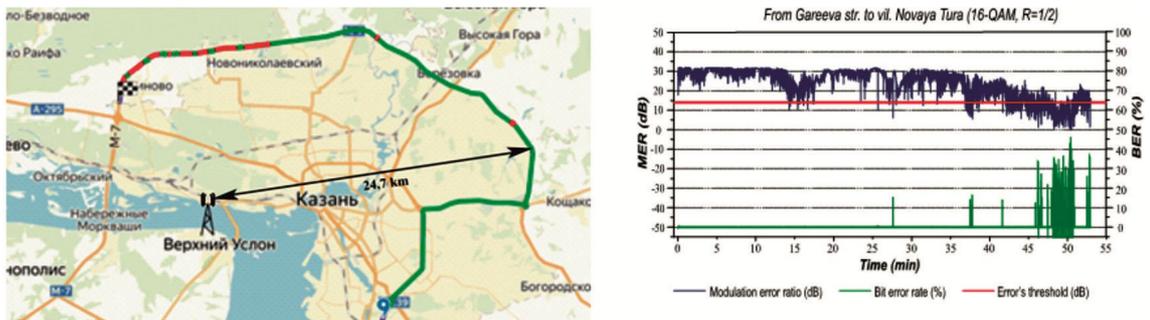


Рис. 8. Трек ул. Гареева – с. Новая Тура, результаты измерений

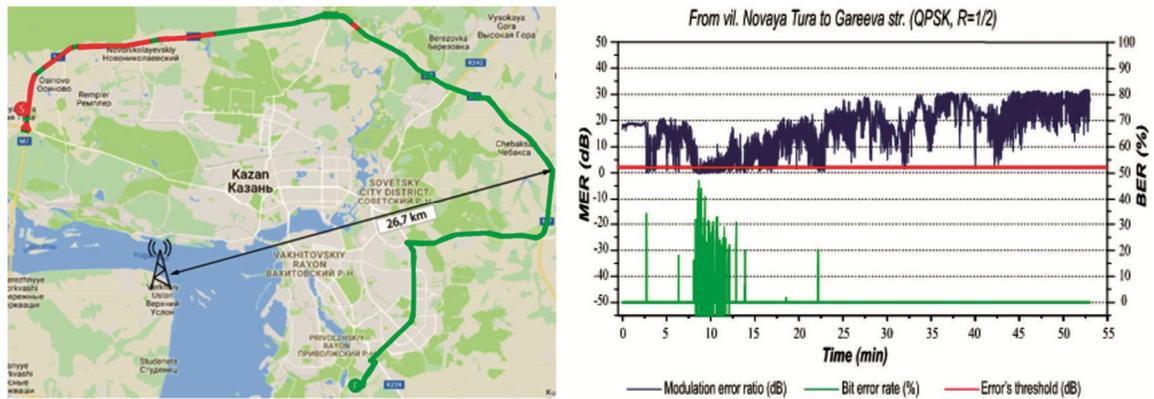


Рис. 9. Трек с. Новая Тура – ул. Гареева, результаты измерений

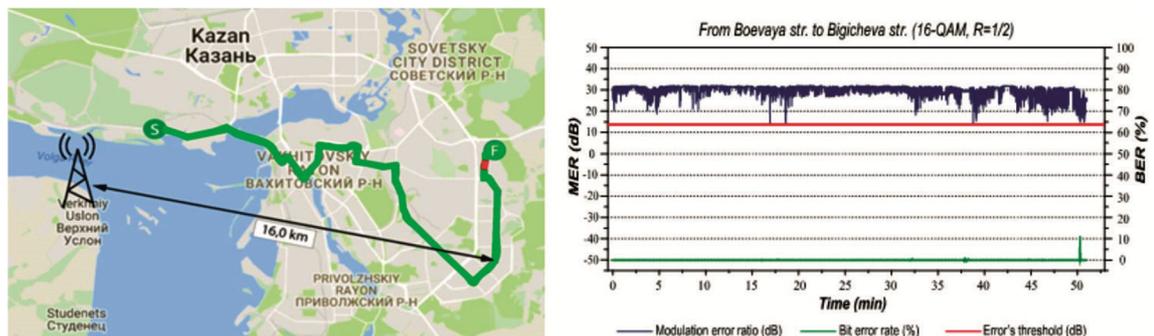


Рис. 10. Трек ул. Боевая – ул. Бигичева, результаты измерений

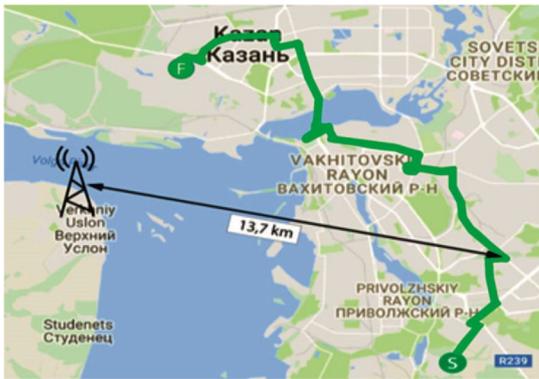
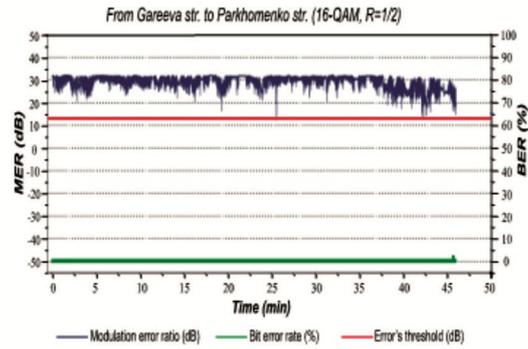


Рис. 11. Трек ул. Гареева – ул. Александра Пархоменко, результаты измерений



5. Трек ул. Саид-Галеева – ул. Бурхана Шахиди (круговой)

Данный трек использовался для проверки всех режимов модуляции системы РАВИС (рис. 12). Ниже приведены соответствующие результаты (кроме режима $R = 2/3$, рис. 13-17).

Для всех режимов наблюдался безошибочный прием ($BER = 0$) с идеальным воспринимаемым качеством видео и звука. Длительность трека составила 12 минут 30 секунд. Диапазон скорости движения: 30 – 50 км/ч с остановками на светофорах и пешеходных переходах.



Рис. 12. Трек ул. Саид-Галеева – ул. Бурхана Шахиди

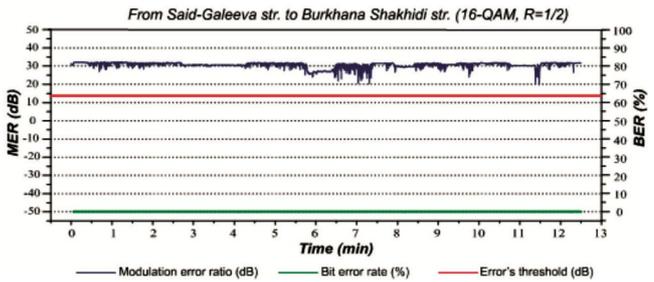


Рис. 15. Результаты измерений 16-QAM, $R = 1/2$, скорость потока 400 кбит/с

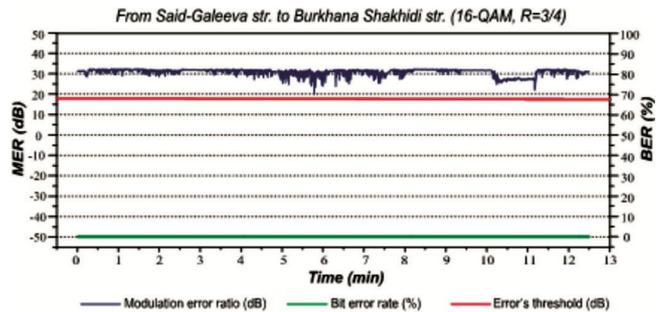


Рис. 16. Результаты измерений 16-QAM, $R = 3/4$, скорость потока 600 кбит/с

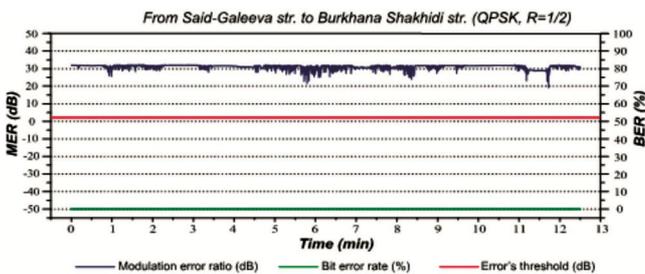


Рис. 13. Результаты измерений QPSK, $R = 1/2$, скорость потока 200 кбит/с

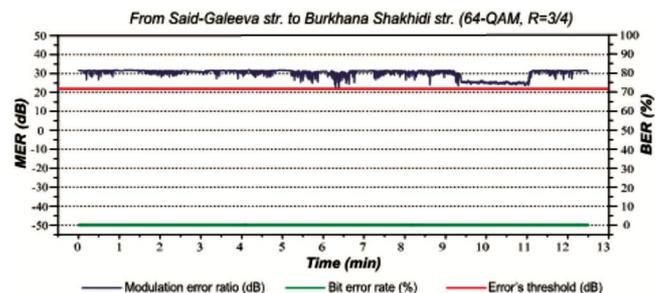


Рис. 17. Результаты измерений 64-QAM, $R = 3/4$, скорость потока 900 кбит/с

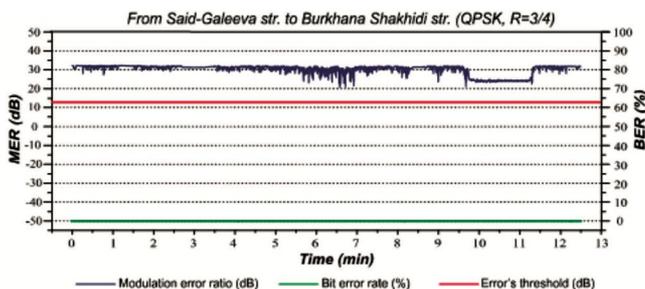
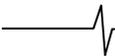


Рис. 14. Результаты измерений QPSK, $R = 3/4$, скорость потока 300 кбит/с

Заключение

В ходе испытаний технологии РАВИС успешно продемонстрирована возможность передачи по каналу вещания на одной частоте нескольких звуковых стереофонических или многоканальных (5.1) программ, или видеоконтента с демонстрацией как на экране приемника, так и на экране смартфона или планшета. В Казани была обеспечена прямая трансляция в эфире пяти республиканских радиостанций в цифровом формате.



Таким образом, на одной частоте со стандартной шириной полосы вместо одной звуковой программы можно обеспечить трансляцию 10-15 цифровых стереофонических радиопрограмм высокого качества или организовать один канал видеовещания.

Технология цифровой передачи аудиовизуальной информации РАВИС позволяет задействовать часть частот под передачу телевизионных сигналов для приема как в стационарном, так и в мобильном режимах.

РАВИС обеспечивает передачу высококачественного многоканального звука в формате 5.1 и функционирование всех сервисов без использования Интернета.

Практическое применение технологии РАВИС в качестве цифровой системы вещания в Республике Татарстан предоставит потенциальным потребителям инновационные сервисы РАВИС, не реализованные до сих пор нигде ни в России и в СНГ другими существующими системами:

- передачу локальной видеопрограммы по бесплатному радиоканалу без использования Интернета со стереозвуковым сопровождением (возможно, на нескольких языках) как для стационарного, так и для мобильного приема;

- передачу национальных радиопрограмм;

- передачу части радиопрограмм в высококачественном многоканальном формате 5.1 (например, классической музыки);

- обеспечение возможности передачи экстренных сообщений в аудио/видео и буквенно-цифровом формате;

- за счет наличия в цифровом приемнике РАВИС Wi-Fi модуля система дает пользователю возможность расширить функционал типового смартфона или планшета и дает ему возможность приема эфирного телерадиовещания;

- пользование всеми новыми сервисами РАВИС бесплатно для потребителя.

Кроме того, технология РАВИС с функцией оповещения населения создает возможность ее практического применения в структурах и на объектах МЧС России.

Система обеспечивает устойчивый беспроводной прием экстренных речевых сообщений ГО и ЧС на специальные приемные устройства (цифровые приемники РАВИС), размещаемые в домохозяйствах, квартирах, коттеджах и на различных промышленных объектах без использования Интернета. Приемники РАВИС с функцией оповещения снабжены независимым энергопитанием в дополнение к питанию от сети. Также обеспечивается адресность оповещения.

Успешно проведенные полевые испытания опытного вещания РАВИС в Республике Татарстан и Удмуртской Республике продемонстрировали необходимость ее практического применения не только на территориях этих субъектов РФ, но и в России в целом.

Создание инновационной продукции подобного рода является ключевым фактором, определяющим конку-

рентоспособность национальной экономики и эффективность национальной стратегии безопасности.

Литература

1. Дворкович А.В., Дворкович В.П., Зубарев Ю.Б., Соколов А.Ю., Чернов Ю.А. Способ трансляции информационного телевидения // Патент РФ № 2219676, 20.12.2003, приоритет от 08.11.2000.

2. Дворкович А.В., Дворкович В.П., Иртюга В.А. Способ мобильного узкополосного цифрового мультимедийного радиовещания // Патент РФ № 2441321, 27.01.2012, приоритет от 26.07.2010.

3. Дворкович А.В., Дворкович В.П., Иртюга В.А., Ле Ван Ки. Способ трансляции информационного узкополосного цифрового мультимедийного радиовещания // Патент РФ № 2645155, 16.02.2018, приоритет от 03.03.2017.

4. ГОСТ Р 54309-2011. Аудиовизуальная информационная система реального времени (РАВИС). Процессы формирования кадровой структуры, канального кодирования и модуляции для системы цифрового наземного узкополосного радиовещания в ОВЧ-диапазоне. Технические условия.

5. ГОСТ Р 55686-2013. Аудиовизуальная информационная система реального времени (РАВИС). Цифровой модулятор. Основные параметры и технические требования.

6. ГОСТ Р 55687-2013. Аудиовизуальная информационная система реального времени (РАВИС). Контрольный радиоприемник. Общие технические требования.

7. ГОСТ Р 55688-2013. Аудиовизуальная информационная система реального времени (РАВИС). Формирователь контента. Структура и протоколы передачи данных.

8. ГОСТ Р 55689-2013. Аудиовизуальная информационная система реального времени (РАВИС). Нормы и методы метрологического обеспечения.

9. Отчет МСЭ-Р ВТ.2049-7 «Вещание приложений мультимедиа и данных для мобильного приема», 02/2016.

10. Отчет МСЭ-Р BS.2214-2 «Параметры планирования для систем наземного цифрового звукового вещания в полосах ОВЧ», 10/2016.

11. Отчет МСЭ-Р ВТ. 2295-2 «Системы цифрового наземного вещания», 10/2017.

12. Справочник МСЭ-Р по внедрению сетей и систем цифрового наземного телевизионного вещания, 2016.

13. Рабочий документ к предварительному проекту пересмотра Отчета МСЭ-Р BS.2384 «Вопросы внедрения и перехода к цифровому наземному звуковому и мультимедийному вещанию», Док. МСЭ-Р 6А/TEMP/134-E (20/04/2018).

14. Указ Президента РФ № 204 от 07.05.2018 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».