

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Варламова Олега Витальевича на тему: «Технология создания сети цифрового радиовещания стандарта DRM для Российской Федерации», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Актуальность темы диссертации. В России и в мире идет активное внедрение систем цифрового телерадиовещания, обладающих, как известно, существенными преимуществами по сравнению с аналоговыми системами. Особенно трудная ситуация в нашей стране сложилась в области аналоговых систем радиовещания с амплитудной модуляцией, применяемых на частотах ниже 30 МГц. Здесь радиовещание по-прежнему является монофоническим, прием программ сопровождается большим уровнем индустриальных и атмосферных помех, радиопередающие устройства в значительной степени давно выработали свой ресурс, потребляют огромное количество электроэнергии, требуют очень больших затрат на поддержание его работоспособности, прием программ из-за плохого качества практически не востребован населением. Число работающих здесь передатчиков постоянно уменьшается.

В Российской Федерации принята Федеральная целевая программа (ФЦП) «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009-2015 годы», утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2009 года №985. Правительство Российской Федерации в своем распоряжении № 445-р от 28 марта 2010 года выбрало систему цифрового радиовещания стандарта DRM. Этот выбор для сети государственного наземного радиовещания оправдан, ибо на сегодняшний день технология DRM является наилучшей. Данная технология рекомендована международным союзом электросвязи (ITU-R) не только для применения в диапазонах длинных (ДВ), средних (СВ) и коротких (КВ) волн, но также и для диапазона ОВЧ (30...300 МГц), что позволяет использовать единую технологию во всех полосах частот, выделенных ITU-R для наземного звукового вещания.

Задача перехода к цифровому радиовещанию (ЦРВ) является многоплановой и комплексной. Она носит государственный характер, требует всестороннего анализа существующей в стране ситуации, принятого частотно-территориального планирования, учета существующей инфраструктуры радиовещания, технического и экономического обоснования каждого из принимаемых для построения отдельных частей сети ЦРВ решений, их теорети-

Вход. № 60/18
«25» 04 2014 г.
подпись

ческой и экспериментальной проверок, разработки большого числа нормативно-регламентирующих документов, необходимых для перехода к этой новой технологии, для разработки и последующей эксплуатации оборудования ЦРВ.

Тематика работы Олега Витальевича Варламова, решаемые в ней задачи по созданию сети государственного наземного радиовещания стандарта DRM на частотах ниже 30 МГц, определяют актуальность и практическую значимость данного исследования для нашей страны.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором диссертации:

- опираются на результаты работ ведущих учёных данной отрасли,
- находятся в согласии с материалами, опубликованными в стандартах EBU и рекомендациях ITU-R на систему DRM,
- подтверждены результатами теоретических, лабораторных и полевых исследований, выполненных автором диссертации,
- компьютерным моделированием, корректным применением собственного и ранее созданного программного обеспечения,
- тщательностью анализа результатов теоретических и экспериментальных данных.

Достоверность и новизна.

Важно не только обосновать выбор системы ЦРВ из числа рекомендованных ITU-R для применения, но и разработать целый ряд национальных нормативно-регламентирующих документов, необходимых для эксплуатации оборудования выбранной системы ЦРВ, оценить затраты, экономический и социальный эффекты от внедрения данной технологии.

Достоверность подтверждена содержанием отечественных нормативных и регламентирующих документов, необходимых для внедрения и эксплуатации оборудования ЦРВ стандарта DRM, разработанных при личном участии автора, прошедших широкое обсуждение научной общественностью, коллективами ФГУП «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» и Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) при Министерстве связи и массовых коммуникаций.

Новыми результатами в работе, являются:

1. Выполненными исследованиями автор убедительно доказывает, что в России для построения государственной сети наземного цифрового радио-

вещания стандарта DRM следует выбрать диапазон НЧ; в этом случае обеспечивается надежность доставки сигнала звукового вещания до потребителей, включая малонаселенные, трудно доступные и обширные северные территории страны, при наименьших затратах как на построение самой сети (с учетом уже имеющейся инфраструктуры ФГУП «РТРС»), так и на последующую эксплуатацию оборудования при рекомендуемой автором топологии её построения;

2. Метод частотно-территориального планирования, основанный на разделении всей территории страны на крупные зоны (кластеры), учитывающие размещение населения и наличие инфраструктуры, и на создании одночастотных сетей ЦРВ внутри каждого такого кластера. Показано, что в этом случае разумно иметь расстояние между соседними передатчиками около 1100...1200 километров с радиусом зоны обслуживания примерно 500...600 километров. Всего для территории РФ достаточно иметь 10 таких зон и всего 8 радиочастот. Оставшиеся частоты диапазона НЧ предложено использовать для сетей регионального вещания. Разделение территории РФ на 10 кластеров с применением внутри каждого кластера сетей одночастотного вещания с 3..4 передатчиками позволяет покрыть всю территорию страны 29-ю передатчиками при их суммарной мощности 1940 кВт. Данная рекомендация, подтвержденная автором результатами научных и экспериментальных исследований, - это принципиально новый взгляд на построение сети государственного наземного звукового радиовещания, имеющий не только научное, но и огромное практическое значение;

2. Технические основы методики частотно-территориального планирования сетей ЦРВ, учитывающие особенности распределения атмосферных и промышленных помех по территории России, особенности распространения радиоволн в диапазонах низких (НЧ) и средних (СЧ) частот, рекомендации ITU-R, результаты ранее выполненных экспериментальных исследований;

3. Характеристики изменений максимальных напряженностей электромагнитного поля атмосферных шумов в диапазонах НЧ и СЧ для различных широт: северных, средних и тропических для радиоканалов с полосой частот 10 кГц;

4. Методика расчета и сами величины защитных отношений, необходимых для отсутствия взаимных помех при работе аналоговых и цифровых DRM-радиостанций при радиоприеме в условиях многолучевого воздействия на приемное устройство произвольного числа мешающих сигналов радиостанций, работающих в совмещенных и смежных с ними каналах. Эти данные свидетельствуют о необходимости коррекции защитных отношений, рекомендуемых в документах ITU-R;

5. Результаты измерений параметров радиовещательного тракта при работе передатчика DRM во всех основных режимах. Полученные данные

позволили уточнить требуемые мощности аналоговых и цифровых передатчиков, работающих на одной частоте, при сохранении ими одинаковой величины зоны обслуживания. Автором установлено, что равенство зон обслуживания имеет место при мощности передатчика, работающего в стандарте DRM, меньшей в 2,6 раза при сохранении существенно лучшего качества принимаемого звукового сигнала;

6. Уточнена минимальная требуемая напряженность электромагнитного поля для сигнала DRM, она может быть уменьшена по сравнению с режимом работы АМ-станций на 9...19 дБ, а при использовании одного и того же передатчика площадь зоны обслуживания оказывается большей в 2..3 раза, чем при работе передатчика в режиме АМ.

7. Исследовано взаимное влияние различных видов нелинейности амплитудной (АХ) и неравномерности фазо-амплитудной (ФАХ) характеристик передатчиков, сформулированы требования на предельно допустимые значения этих параметров, показано, что требования на эти параметры, должны быть разными для разных участков динамического диапазона амплитудной характеристики передатчика. Доказано, что значения данных параметров напрямую влияют на величину MER и на уровень внеполосных излучений. Сформулированы требования к характеристикам асимметрии каналов РПДФ, влияющим на внеполосное излучение. Данные результаты являются новыми, получены теоретическим путем, подтверждены экспериментально.

8. Предложен новый метод согласования антенно-фидерных систем, основанный на применении частотно-расширительных RLC-цепей для различных вариантов их построения, места включения; оценены потери в них, определен экономический выигрыш от применения. Разработана инженерная методика, алгоритм и программные средства для их проектирования, оценена их энергетическая эффективность. По данным автора возможность перестройки антенно-фидерных систем при переходе на ЦРВ дает экономию около 70..110 млн. рублей в расчете на одну антенну, общая же экономия при использовании 14 существующих антенн вместо строительства новых может составить более 1,2 млрд. рублей.

9. Выполнен анализ требуемых защитных отношений по радиочастоте. Установлено, что сведения, приведенные в документах стандарта и рекомендаций ITU-R по защитным отношениям справедливы только для случая однолучевого распространения. Для случая многолучевого распространения они не применимы, должны дополнительно уточняться для каждого такого конкретного случая, что особенно важно на границах зон обслуживания. Автором разработан метод расчета требуемой напряженности поля при воздействии произвольного числа мешающих сигналов.

10. Показано, что для различных типов приемников при одновременной передаче сигналов аналогового и цифрового радиовещания в совмещен-

ном радиоканале с соотношением мощностей около 10 дБ ухудшение качества приема аналогового сигнала незначительно, что отличается от значений, рекомендуемых DRM-консорциумом, составляющем 16 дБ. Этот результат подтвержден экспериментально.

11. Разработаны основы методики частотно-территориального планирования для диапазонов НЧ и СЧ с учетом сезонных вариаций напряженности электромагнитного поля, влияния изменения солнечной активности, проводимости почвы, распределения индустриальных и атмосферных помех, влияния мешающих сигналов радиостанций, что важно при расчете зон обслуживания. Особое значение уделено сравнительной оценке работы передатчиков в режимах АМ и DRM.

12. Разработан метод преобразования кривых распространения земной волны в кривые отношения сигнал/шум, учитывающие реальную помеховую обстановку в регионах. Это позволяет наилучшим образом, учитывая все факторы, выбрать значения несущих частот для каждого из отдельных регионов России, радиусы зон обслуживания, мощности передатчиков при требуемом для нормального декодирования DRM-сигналов отношении сигнал/шум равном 16 дБ. На основе проведенных в работе исследований доказано, что традиционный метод чередования частот, учитывая огромную территорию РФ, особенно для частот диапазона НЧ при радиусах зоны обслуживания составляющем 500...600 км не эффективен.

Новизна и приоритет положений диссертации О.В. Варламова подтверждены публикациями в 50-ти работах, из которых 37 опубликовано в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК, из них 18-ю патентами на изобретения и свидетельством о регистрации программы для ЭВМ.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций по использованию полученных в работе результатов.

Теоретическая значимость работы О.В. Варламова состоит:

- в обосновании выбора диапазона частот для построения сети ЦРВ,
- в разработке принципиально новой топологии государственной сети ЦРВ стандарта DRM, технических основ частотно-территориального планирования, метода согласования передающих антенно-фидерных систем, требований к оборудованию передающего и приемного трактов системы ЦРВ, включая требования к защитным отношениям, характеристикам высокоэффективных передающих устройств.

Практическая значимость.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований позволили (при личном участии автора) разработать комплекс нормативно-

регламентирующих материалов, без которых внедрение и эксплуатация оборудования этой новой технологии в стране невозможны, а именно:

-инженерных методик расчета частотно-расширительных RLC-цепей, методов расчета искажений, возникающих в передатчиках,

-методику расчета требуемой напряженности электромагнитного поля,

-два вклада администрации связи РФ в отчет ITU-R BS.2384-0, а также разработать следующие нормативные документы:

-«Правила применения оборудования систем радиовещания. Часть 1. Правила применения эфирных цифровых передатчиков, работающих в диапазонах частот 0,1485-0,2834 МГц; 0,5265-1,6065 МГц; 3,95-26,10 МГц»;

-«Приемник DRM30 (для системы цифрового радиовещания DRM в диапазонах частот ниже 30 МГц). Общие технические условия. Базовые характеристики. Предъявляемые сервисы, вторая редакция;

-«Приемник DRM30 (для системы цифрового радиовещания DRM в диапазонах частот ниже 30 МГц). Методы электрических высокочастотных измерений, первая редакция».

В акте внедрения от ФГУП «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» отмечено, что разработанные на их основе документы «позволили создать нормативно-правовую базу для применения в РФ сетей цифрового звукового вещания стандарта DRM в диапазонах НЧ, СЧ и ВЧ, а также сократить количество планировавшихся к применению мощных радиопередающих устройств».

Научные и практические результаты работы подтверждены также и в акте внедрения от АО «Казтелерадио» от 20.10.2016 года.

Замечания по работе.

1. Автором отмечено наличие сдвига частот в алгоритмах компрессии цифровых аудиоданных, рекомендованных для применения в системе DRM. Причина данного явления не пояснена, не уточнены также и режимы работы кодера (AAC, AAC+SBR, CELP, CELP+SBR, PS, HVXC), при которых это явление наблюдается.

2. Отсутствуют рекомендации по выбору алгоритмов компрессии кодеров HE-AAC v.2 и xHE-AAC стандарта MPEG-4 для разных режимов работы передающего тракта и выбранной полосы частот радиоканала.

3. Говорить о полосе модулирующих частот в цифровых системах радиовещания, где используется компрессия цифровых аудиоданных не совсем корректно, ибо несущие частоты радиоканала модулируются цифровым потоком, максимально допустимая скорость которого для звуковых данных зависит от выбранной полосы частот радиоканала, от уровня защиты цифро-

вых данных, от типа модуляции несущих частот, все это множество факторов будет влиять на полосу частот канала звука.

4. Величина запаса в отношении сигнал/шум равная 10 дБ для сигнала передатчика (по отношению к требуемому для успешного приема значению этой величины 14,9...23,2 дБ) выбрана без должного теоретического обоснования, хотя накопленный опыт и не опровергает данного заключения.

5. Не исследовано влияние величины отношения сигнал/шум на выходе передающего тракта на размер зоны обслуживания передатчика с учетом распределения шумов и помех по территории зоны обслуживания передатчика.

6. Нормы на радиочастотный тракт приемника: динамический диапазон 84 (НЧ), 90 дБ (СЧ), 80 дБ (КВ), табл.4.6; на диапазон звуковых частот для разных полос частот радиоканалов (табл.4.7) требуют отдельного пояснения.

7. Автором подробно исследованы условия приема сигнала DRM внутри зоны обслуживания с учетом влияния множества факторов, однако пошаговой методики для оценки влияния изменения условий приема на качество декодирования звукового сигнала нет, хотя весь необходимый материал для ее создания получен.

8. Не рассмотрена проблема доставки сигнала звукового вещания как до кластерных зон одночастотных сетей, так и до передатчиков, работающих в одночастотной сети.

9. Не рассмотрены проблемы, вызывающие потерю синхронизма передатчиков, работающих в одночастотной сети.

Заключение по работе.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Основное содержание диссертации:

- опубликовано в рецензируемых журналах из списка ВАК,
- обсуждено научной общественностью на конференциях,
- поддержано научными и производственными коллективами ведущих предприятий отрасли таких, как ФГУП «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» (головная организация РФ, отвечающая за развитие и эксплуатацию сети государственного радиовещания) и ФГУП «Научно-исследовательский институт радио» (ФГУП НИИР - ведущее предприятие отрасли радиовещания).

Сформулированные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы Олега Витальевича Варламова. Она является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на вы-

соком научном и прикладном уровне, направлена на решение проблемы, имеющей важное государственное, социально-экономическое и хозяйственное значение.

Научные и практические результаты, выводы и рекомендации, полученные автором в данной работе, вносят значительный вклад в создание сети государственного наземного радиовещания стандарта DRM для Российской Федерации.

Все изложенное позволяет сделать следующее заключение: данная работа соответствует требованиям п.п. 9,10,11,13 и 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по заявленной специальности.

Официальный оппонент

профессор кафедры «Радиосвязи и
вещания» федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-Петербургский
государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М.А.Бонч-Бруевича» (СПбГУТ),
заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук,
профессор

Ю.А.Ковалгин

17 апреля 2017 года.

Подпись руки Ю.А. Ковалгина заверяю,
начальник административно-кадрового
управления СПбГУТ

А.П.Зверев

Контактная информация:

193232, Санкт-Петербург,
просп. Большевиков д.22,корп.1, каб.443/1
телефоны 8-812-315-12-40, 8 -921-9990174,
e-mail:kowalgin@sut.ru

