

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ 174...240 МГц В ПЕРИОД ПЕРЕХОДА К ЦИФРОВОМУ ТЕЛЕВИДЕНИЮ И РАДИОВЕЩАНИЮ

Ю.А. Ковалгин^{1*}, С.В. Мышьянов¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

*Адрес для переписки: mishyanov@gmail.com

Информация о статье

УДК 621.396.13

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Ковалгин Ю.А., Мышьянов С.В. Диверсификация полосы частот 174...240 МГц в период перехода к цифровому телевидению и радиовещанию // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 3. С. 68–77.

Аннотация: в статье рассматриваются проблемы перехода с аналоговых на цифровые стандарты телерадиовещания в Российской Федерации. Сопоставляется российское и европейское частотное планирование в диапазоне 174–240 МГц. Предлагается вариант совместного использования радиоканала шириной 8 МГц диапазона 174–240 МГц системами DAB/DMB и DRM с учетом частотного планирования, принятого в РФ. Приводятся характеристики систем DRM, DAB, DMB. Даются ссылки на все современные стандарты цифрового телевидения и радиовещания.

Ключевые слова: цифровое телевидение, цифровое радиовещание, DRM, DAB, DMB, диверсификация радиоканала, частотное планирование.

Цифровые вещательные системы в диапазоне ОВЧ

В настоящее время существует большое число стандартов наземного цифрового телевидения и радиовещания для применения в диапазоне ОВЧ. Наиболее распространенными в мире телевизионными стандартами являются: европейское семейство Digital Video Broadcasting (DVB-T, DVB-T2) [1, 2], американский Advanced Television Systems Committee (ATSC) [3], японский Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB) [4] и китайский Digital Terrestrial Multimedia Broadcast (DTMB) [5].

К системам наземного цифрового звукового радиовещания, рекомендованным к применению ITU-R [6] относятся: европейские стандарты Digital Audio Broadcasting (DAB, DAB+, DMB) [7, 8] и Digital Radio Mondiale (DRM, в режиме работы E, получивший в ряде публикаций название DRM+) [9], американский In-Band On-Channel (IBOC, более известный под торговой маркой HD Radio) [10], а также адаптация японского ТВ-стандарта для звукового вещания – ISDB-Tsb [11].

В России разработана собственная система РАВИС [12–14]. В отчете ITU-R WT.2049-7 (02/2016) [15] она позиционируется как мультимедийная

ТВ-система для мобильного радиоприема, а не как система цифрового радиовещания. Заметим, что она не фигурирует в отчетах ITU-R, посвященных радиовещательной службе (ITU-R BS), ввиду этого, к сожалению, не включена ITU-R в число систем цифрового радиовещания, рекомендуемых для применения в диапазоне ОВЧ [6].

Перечисленные системы цифрового телевидения и радиовещания имеют общие технологические особенности. К их числу, прежде всего, относятся: компрессия цифровых видео- и аудиоданных; рандомизация цифровых данных; канальное кодирование, перемежение битов по времени и частоте; перемежение символов модуляции; цифровые методы модуляции (PSK, QAM, COFDM/QPSK, COFDM/QAM); стереофонические системы форматов 2/0, 3/2, 5.1 и т. п.

Имеющиеся в них различия приводят к излишним затратам при построении глобальных сетей доставки программ телевидения и радиовещания до населения, создают дополнительные проблемы при частотном планировании и использовании радиочастотного ресурса в разных регионах мира (Европа, Азия, Америка), затрудняют развитие эфирного телерадиовещания на единой платформе цифровых технологий. Из всех систем цифрового

радиовещания только системы DRM и IBOC HD Radio рекомендованы ИТУ-R для применения во всех полосах частот, выделенных для наземного радиовещания, в том числе и в диапазонах НЧ, СЧ и ВЧ, что является их дополнительным достоинством.

Цифровизации вещания в России

Процесс цифровизации вещания в России начался с принятием федеральной целевой программы «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2018 годы». В ходе реализации программы построена сеть цифрового телевидения по европейскому стандарту DVB-T2. Решением Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) для вещания в стандарте DVB-T2 приняты к использованию следующие радиочастоты: метрового (174...230 МГц) и дециметрового диапазонов (470...790 МГц) на 6...12 и 21...60 частотных каналах соответственно. Однако стоит отметить, что на практике вещание в формате DVB-T2 сегодня ведется только в полосе частот 470...790 МГц, именно в этой полосе в нашей стране работают все телевизионные станции формата DVB-T2. Таким образом, в выделенной для телевизионного вещания полосе 174...230 МГц в России сегодня работают только аналоговые телевизионные станции.

В отличие от телевидения, ситуация с переходом звукового радиовещания на «цифру» в России сложилась неоднозначная. На сегодняшний день в России в диапазоне ОВЧ регулярное радиовещание ни в одном из цифровых форматов не ведется, однако в опытных зонах активно проводятся исследования систем DRM+ и DAB(DAB+), принадлежащих, также как и DVB-T2 к европейскому семейству стандартов.

Существующее решение Правительства РФ регламентирует использование для звукового вещания систему DRM, однако оно относится только к диапазонам НЧ, СЧ и ВЧ. Соответствующего решения о возможности использования расширенного стандарта DRM+ работающего в диапазоне ОВЧ на сегодня нет.

Экспериментальные исследования радиовещание в стандарте DRM+ (см. таблицу 1) были проведены СПбГУТ летом 2015 года по заказу российской телевизионной и радиовещательной сети (РТРС). Исследования проводились на территории Санкт-Петербурга и прилегающей к нему территории в радиусе до 70 км от телебашни. Выходная мощность передатчика была ограничена величиной 250 Вт. Частоты работы передатчиков составляли 67,46 МГц (65,9...74 МГц, ОВЧ I) и 94,5 МГц (87,5...108 МГц, ОВЧ II), высоты подвеса передающих антенн составляли соответственно 232 и 200 метров над уровнем моря. Обе антенны имели очень слабую направленность излучения в горизонтальной плоскости. Поляризация излучения – горизонтальная. Звуковая программа – ретранс-

ляция программы «Маяк» в стереофоническом режиме. В контент-сервере использовался алгоритм компрессии AAC. Выполненные исследования подтвердили заявленные в стандарте характеристики системы DRM+. Основные результаты исследования приведены в [16, 17], а материалы работы подготовлены для передачи в ГКРЧ для принятия соответствующего решения.

Экспериментальные исследования радиовещания в формате DAB+ (см. таблицу 1) проведены в 2014 году московским техническим университетом связи и информатики также по заказу РТРС. Заявленные в стандарте характеристики системы DAB+ в ходе выполнения этой работы подтверждены; материалы работы были подготовлены для передачи ГКРЧ для принятия соответствующего решения.

Все существующие сети системы наземного вещания DAB в мире развернуты только в полосе частот 174...240 МГц диапазона ОВЧ, соответственно для него продаются бытовые приемники.

Дальнейшие исследования в данной области очень важны, так как, в конечном счете, цифровое радиовещание позволит:

- путем применения наилучших с позиций сегодняшнего дня технологий организовать высококачественное звуковое вещание во всех полосах частот, выделенных для организации наземных сетей цифрового радиовещания. Это особенно важно для России с ее крайне неравномерным распределением компактных мест проживания населения по территории, а также наличием значительных территорий с очень низкой плотностью населения;
- обеспечить возможность адресной передачи (как коллективной, так и избранной пользователям) разнообразной дополнительной информации (данные, текстовая и графическая информация, неподвижные изображения и т. п.);
- значительно повысить эффективность использования радиочастотного ресурса при одновременном существенном увеличении числа и качества передаваемых программ;
- в несколько раз уменьшить затраты на эксплуатацию передающего оборудования, прежде всего за счет экономии электроэнергии;
- сделать востребованными для населения все полосы частот, выделенные в России для наземного радиовещания, включая диапазоны НЧ, СЧ и ВЧ, практически не интересные населению, но очень важные с государственной точки зрения в силу особенностей распространения радиоволн;
- создать единые автоматизированные сети доставки программ радиовещания до населения;
- обеспечить возможность стационарного и мобильного приема программ радиовещания с высоким качеством, включая и многоканальные звуковые форматы, например, формат 5.1.

ТАБЛИЦА 1. Характеристики систем цифрового радиовещания, рекомендуемых ITU-R для применения в полосе частот 174...240 МГц диапазона ОВЧ (Европейская платформа цифровых технологий)

Наименование характеристики	Система DAB				Система DRM
	Режим передачи ТМ I	Режим передачи ТМ II	Режим передачи ТМ III	Режим передачи ТМ IV	Режим работы E
Полоса частот диапазона ОВЧ, МГц	174–240				47–68; 65,8–74; 76–90; 87,5–107,9; 174–240
Полоса частот радиоканала, МГц	1,536				0,096
Применение	Одночастотные сети, региональные сети, локальные сети, отдельные передатчики				
Тип модуляции	COFDM/DQPSK				OFDM/QAM
Число OFDM-символов во фрейме передачи	76	76	153	76	40
Параметры символов OFDM:					
– элементарный временной период T, мкс	0,49	0,49	0,49	0,49	83 1/3 (1/12 кГц)
– величина разноса несущих частот, Гц	1000	4000	8000	2000	444 4/9
– число несущих частот в частотном блоке OFDM	1536	384	192	768	213
– суммарная длительность символа OFDM, мс	1,246 (2552T)	0,312	0,156	0,623	2,5(30·T)
– длительность полезной части символа OFDM, мс	1 (2048T)	0,25	0,125	0,500	2,25(27·T)
– защитный интервал между символами OFDM, мс	0,246 (504T)	0,062	0,031	0,123	0,25 (3·T)
– отношение длительностей защитной и полезной частей символа OFDM	0,248	0,248	0,248	0,246	1/9
Модуляция поднесущих в частотном блоке OFDM	DQPSK				4-QAM; 16-QAM
Длительность фрейма передачи, мс	96 (196698T)	24 (49152T)	24 (49152T)	48 (98304T)	100
Длительность суперфрейма передачи, мс	–	–	–	–	400
Суммарная скорость передачи цифровых данных, кбит/с	2400	2400	2400	2400	37,3...186,4
Скорость передачи звуковых данных, кбит/с	32...384				37,3...186,4
Стандарт (алгоритм) кодирования цифровых аудиоданных	DAB (ISO/IEC 11172-3, Layer 2/ISO/IEC 11172-3, Layer 2); DAB+(ISO/IEC 13818-3, AAC; ISO/IEC FCD14496-3, AAC, SBR, PS; ISO/IEC 23003-1 MPEG Surround). Кодер HE-AAC v.2.				Кодер HE-AAC v.2; Кодер xHE-AAC; ISO/IEC FCD 14496-3, AAC, SBR, PS; ISO/IEC 23003-1 MPEG Surround (MPS)
Предыскажение	Рек. 651 МККР				
Защита от одиночных цифровых ошибок	Канальное кодирование: – с равной защитой от ошибок при передаче пакетных данных (EEP); – неравной защитой от ошибок (UEP) отдельных частей аудиофрейма CRC-кодом с «выкалыванием» и скоростью кода 8/24 (защита заголовка, BAL, SCFSI), 8/18 (защита масштабных коэффициентов SCF), 8/14 (защита отсчетов ЗС и части поля данных X-PAD), 8/19 (защита части поля данных X-PAD, масштабных коэффициентов SCF и поля данных F-PAD).				Канальное кодирование с неравной защитой от ошибок CRC-кодом с «выкалыванием»: – скорость кода 0,25, 0,33, 0,4 и 0,62 при модуляции 4-QAM; – 0,33, 0,41, 0,5, 0,62 при модуляции 16-QAM.
Защита от групповых цифровых ошибок	Временное перемежение цифровых данных				
Защита от селективного частотного затухания в радиоканале	Перемежение DQPSK-ячеек				Перемежение QAM-ячеек
Рандомизация цифровых данных	Имеется				
Форматы звуковых сигналов: DAB DAB+/DMB/DRM+	Моно (1/0); двухканальное стерео (2/0) Моно (1/0); двухканальное стерео (2/0); многоканальное стерео, например, формата 5.1				
Максимальное расчетное расстояние между передатчиками в одночастотной сети, км	96	24	12	48	75

Основные недостатки систем цифрового наземного радиовещания связаны с их преимуществами:

– при ухудшении отношения сигнал-шум в точке приема ниже порогового значения на 1...2 дБ звук становится прерывистым, а потом пропадает совсем. В отличие от этого в аналоговых системах радиовещания для приема программ с заданным нормативным качеством требуются гораздо большие значения отношения сигнал/шум, чем в цифровых. Однако даже при отношении сиг-

нал/шум ниже требуемых значений прием программы возможен, хотя и с пониженным качеством звучания и большим уровнем помех, в аналоговых системах радиовещания отсутствует пороговый эффект при радиоприеме, свойственный системам цифрового радиовещания;

– модулированный сигнал в системах цифрового радиовещания требует применения радиочастотных усилителей с высокой линейностью амплитудной характеристики, вследствие повышен-

ного отношения пиковой мощности к ее среднему значению. Цифровые передатчики, вследствие этого фактора могут быть дороже и иметь худший КПД, по сравнению с передатчиками аналоговых систем вещания. Однако увеличения потребления электроэнергии не происходит из-за уменьшения требуемой выходной мощности передатчиков цифрового радиовещания;

- цифровая обработка принимаемого сигнала в приемнике требует больше энергетических ресурсов, что критично для носимой аппаратуры с автономными источниками питания;

- цифровое радиовещание, по сравнению с аналоговым, требует существенно более тщательного частотно-территориального планирования из-за порогового эффекта при радиоприеме.

Очевидно, что интеграция Российской Федерации в мировое информационное пространство невозможна без применения цифровых технологий радиовещания, рекомендованных международным союзом электросвязи ITU-R.

Переход на цифровое радиовещание может быть успешно осуществлен только после реализации целого ряда мероприятий, в перечень которых входят не только разработка собственно системы цифрового радиовещания, но, что не менее важно для практического продвижения данной технологии, это:

- разработка необходимых нормативных документов;

- проведение опытного радиовещания;

- принятие национальными администрациями связи решений о выделении полос частот для соответствующих видов излучений;

- разработка приемной и передающей техники с конкурентоспособными ценами и потребительскими параметрами и насыщение ею рынков вещателей и слушателей.

Аналоговые радиовещательные станции в России традиционно работают в диапазонах НЧ, СЧ, ВЧ, а также в полосах 65,9...74, 87,5...108 МГц диапазона ОВЧ. Цифровые же стандарты (как DAB, так и DRM+) согласно международному частотному планированию могут использовать также полосу 174...240 МГц, которая в России (174...230 МГц), как было отмечено ранее, на практике используется только для аналогового телевидения, с потенциалом высвобождения частот в будущем под другие службы. Таким образом, целесообразно рассмотреть возможность совместного использования данной полосы всеми вышеописанными системами.

Частотное планирование систем цифрового телевидения и радиовещания в полосе частот 174...240 МГц диапазона ОВЧ

Значения несущих частот в системах семейства DAB жестко заданы рекомендацией ITU-R [18] и не

могут быть произвольно изменены без нарушения её требований. Полоса частот радиоканала систем семейства DAB составляет 1,536 МГц, а с учетом защитных частотных интервалов около 1,712 МГц.

Радиоканал системы DRM+ при работе в диапазоне ОВЧ существенно уже, он составляет 96 кГц. В соответствии с рекомендацией ITU-R BS.1660-7 в полосе частот 174...240 МГц центральные частоты DRM-каналов должны быть расположены на расстоянии 100 кГц, начиная с частоты 174,05 МГц. Иначе говоря, они должны быть целочисленно кратны значению 100 кГц до самой верхней границы данного диапазона. Для системы DRM+ защитные частотные полосы составляют около 2 кГц с каждой стороны спектра.

Защитные отношения для сигналов систем DAB и DRM+ от воздействия сигналов других служб, включая и аналоговые системы телевидения, представлены в [18]. Эти материалы легко доступны и, вследствие ограниченного объема статьи здесь не приводятся. Они должны быть учтены при разносе несущих частот смежных каналов телевидения и радиовещания.

В Европе полоса частот радиоканала телевидения составляет 7 МГц. Сетка каналов систем семейства DAB составлена с учетом этого факта. Это не создает проблем при использовании данного диапазона частот одновременно для телевидения (DVB-T2) и радиовещания в форматах DAB/DAB+. При этом в каждом канале ТВ шириной 7 МГц размещается по 4 блока мультиплексов семейства DAB [18] (рисунок 1а). Здесь же приведена и ширина полос для защитных интервалов. При этом в каждом частотном блоке DAB размещается также с учетом рекомендуемых защитных интервалов и требований частотного планирования по 15 частотных блоков DRM (рисунок 1б). В каждом канале шириной 7 МГц укладывается до 70 каналов системы DRM+.

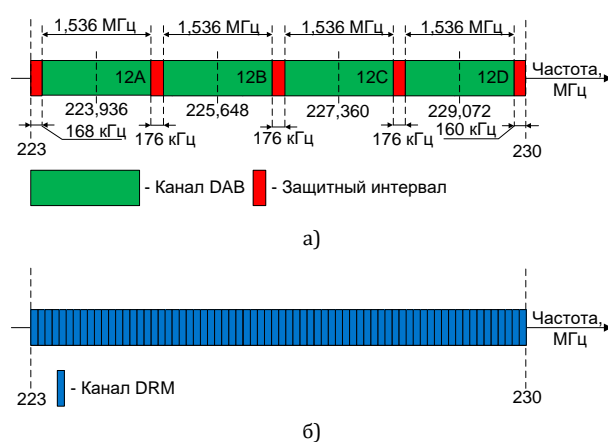


Рис. 1. Размещение каналов DAB (а) и DRM+ (б) на примере 12 ТВК (европейская сетка частот 7 МГц) с учетом рекомендации ITU-R BS.1660-7 [18]

Следовательно, в обоих случаях в Европе, где полоса частот канала телевидения составляет 7 МГц, не возникает никаких проблем при переходе в полосу частот 174...240 МГц на цифровое радиовещание форматов DAB и DRM+. Для систем DAB и DRM+ спектральные маски излучения, влияющие на величину требуемых защитных частотных интервалов, приведены в [18].

В отличие от Европы, в России полоса частот радиоканала телевидения составляет 8 МГц и сет-

ка размещения DAB-блоков, принятая в [18], создает ряд проблем при совместном использовании её для целей цифрового телевидения и цифрового радиовещания. Часть DAB-блоков не помещается в эту сетку (рисунок 2). Для системы DRM+ такой проблемы не возникает. В одном ТВ-канале шириной 8 МГц можно расположить до 80 каналов DRM+, а во всей полосе частот 174...240 МГц, соответственно – до 660 каналов DRM+.

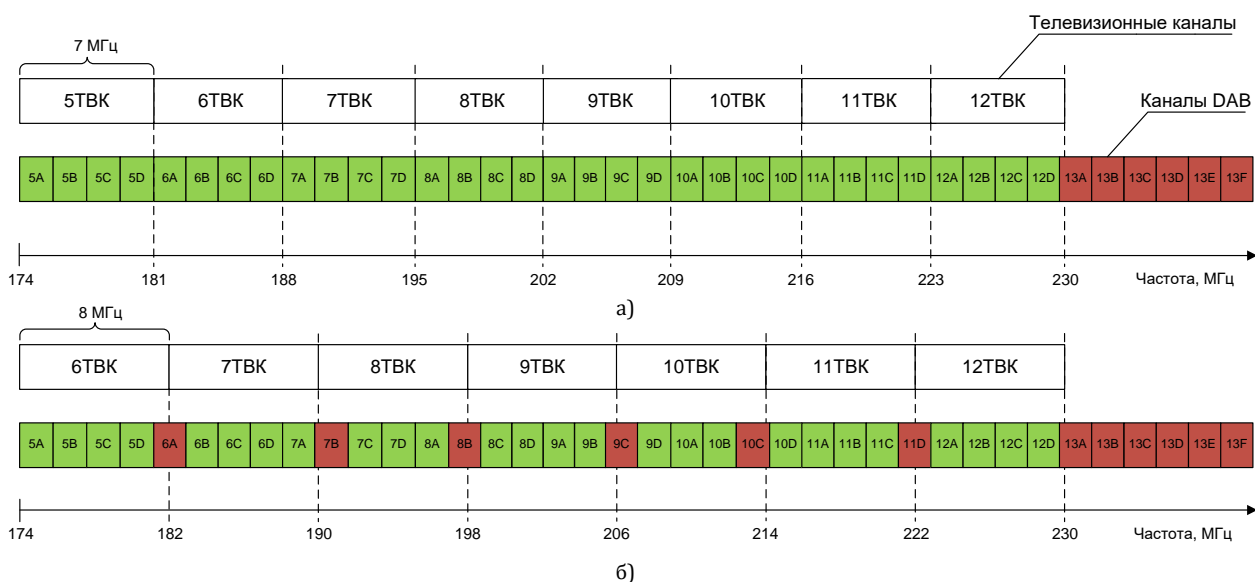


Рис. 2. Размещение каналов DAB в каналах телевидения с учетом европейской (7 МГц) и российской (8 МГц) сетки частот

Таким образом, в случае перехода к цифровому радиовещанию в формате DAB при принятом в России частотном планировании, в каждом радиоканале 8 МГц будут оставаться неиспользуемые части спектра. Эти полосы частот показаны на рисунке 2 красным цветом; их появление снижает спектральную эффективность использования данной полосы частот.

Диверсификация радиоканала вещательного телевидения в полосе частот 174...240 МГц

Учитывая сложившуюся в России ситуацию в области телевидения, обусловленную переходом к версии стандарта DVB-T2, использованием на практике для этой цели только полосы частот 470...790 МГц и постепенным высвобождением полосы частот 174...240 МГц, а также сложную обстановку, связанную с переходом на цифровое радиовещание в полосах частот 65,9...74 МГц и 87,5...108 МГц, где применяются высококачественные аналоговые системы стереофонического радиовещания и используется современное и высокоэффективное приемопередающее оборудование, разумным шагом, позволяющим ускорить внедрение цифрового радиовещания в РФ, является диверсификация радиоканала телевидения в полосе частот 174...240 МГц.

Возможность использования в переходный период полосы частот 174...240 МГц для передачи программ цифрового телевидения и радиовещания, несомненно, повысит его притягательность для населения, будет способствовать привлечению в эту полосу частот диапазона ОВЧ коммерческих радиовещателей, позволит накопить опыт производства и передачи программ в цифровом формате.

Можно использовать эту полосу частот также для отработки технологий и для накопления опыта мобильного радиоприема программ телевидения и радиовещания. Исследования в области построения совмещенных (интегрированных) трактов доставки программ телерадиовещания через общий радиоканал на базе использования технологий систем DAB и DRM важны для практики. Они соответствуют работам, проводимым ИТУ-R в данной области, их результаты могут быть положены в основу при модернизации существующих вещательных сетей.

Накопленный опыт о взаимном влиянии спектров систем DVB-T2, DAB+ и DVB-T2, DRM+ [19, 20] позволяет предложить следующие варианты диверсификации радиоканала телевидения в полосе частот 174...240 МГц.

Вариант совместного использования радиоканала шириной 8 МГц для передачи программ радиовещания стандартов DAB и DRM+ показан на рисунке 3.

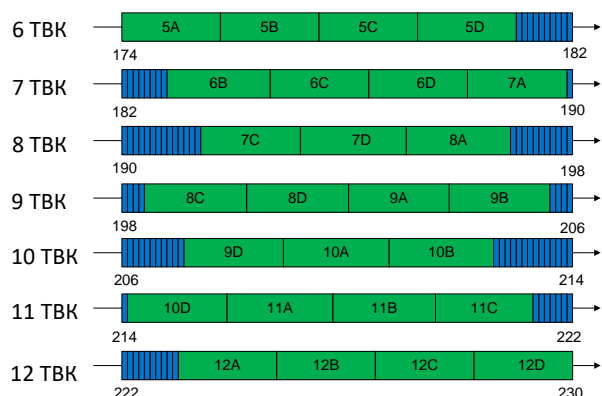


Рис. 3. Вариант совместного использования диапазона 174–230 МГц системами DAB и DRM+ с учетом частотного планирования в РФ (каналы шириной 8 МГц)

На рисунке 4 более подробно рассмотрены 6-й, 9-й и 12-й телевизионные каналы (ТВК), с указанием частот всех каналов и защитных радиочастотных интервалов между спектрами сигналов, с учетом рекомендуемых для их отдельного приема защитных интервалов [18]. Как это следует из рисунков 3 и 4, в каждом ТВК размещается одинаковое число каналов систем DAB и DRM+.

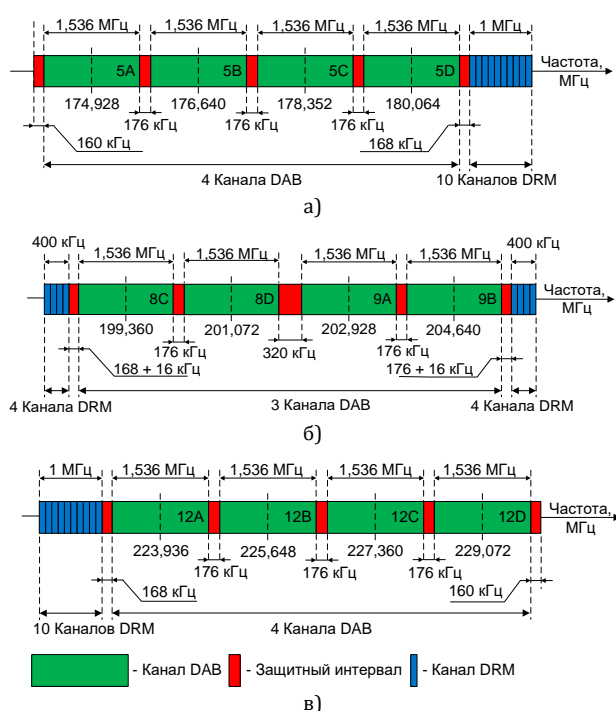


Рис. 4. Совместная передача мультимплексов DAB и DRM+ в полосе частот 174...230 МГц в радиоканале шириной 8 МГц: а) 6-й ТВК; б) 9-й ТВК; в) 12-й ТВК

Предложенный подход к частотному планированию дает возможность совместного использования полосы частот 174...240 МГц системами DAB, DRM+, DVB-T2, а также аналогового телевидения.

Конвергенция цифровых вещательных стандартов

Как отмечалось выше, все современные цифровые системы как телевизионного, так и звукового вещания, в целом, имеют схожую архитектуру и используют одни и те же технологии, отличаясь в деталях, обусловленных разными подходами к проектированию систем, видом передаваемого в системе контента, традиционно сложившимся частотным планированием и т. д. Это закономерный процесс, так как разработчики любого стандарта, стараясь увеличить эффективность системы, применяют наиболее современные технологии: в плане организации канала на сегодня это методы мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM); модуляция отдельных несущих частот осуществляется квадратурными схемами модуляции с разной позиционностью (QAM4, QAM16, QAM64 и т. д.); используются наиболее эффективные кодеки и др.

С каждым очередным обновлением стандартов, системы всё больше конвергируют. Постепенно стирается грань между традиционно телевизионными и радиовещательными системами – они становятся мультимедийными. Например: в составе мультимплекса DVB-T2 уже сегодня передаются отдельные звуковые программы, а профиль T2 Lite, появившийся в последней редакции стандарта, позволяющий в одном канале шириной 8 МГц организовать раздельное вещание для стационарных приемников с высокими битрейтами (например, телевизионный контент) и мобильных приемников с увеличенной помехозащищенностью, но уменьшенным битрейтом (например, для звукового вещания на переносные устройства); для радиовещательной системы DRM существует расширение «Diveeto», предусматривающее передачу видео с разрешением от 176x144 и от 8 кадров в секунду; российская разработка РАВИС изначально позиционировалась как система мультимедийного вещания, однако по параметрам ближе к радиовещательным; система DAB, тоже обзавелась расширением DMB, позволяющим передавать видеоконтент. Эволюцию системы DAB целесообразно рассмотреть более подробно, т. к. она представляется, по нашему мнению, наиболее подходящей для применения в полосе частот 174...240 МГц.

Система DAB, изначально позиционировавшаяся как система мобильного цифрового радиовещания, с момента своего появления в 1995 году рамках выполнения проекта Eureka 147 прошла значительный путь эволюции. В первой версии данного стандарта использовался только алгоритм компрессии цифровых аудиоданных MPEG-1 ISO/IEC 11172-3, Layer 2 [21]. В версии DAB+ были добавлены стандарты компрессии цифровых аудиоданных MPEG-2 ISO/IEC 13818-3 Layer 2 [22], MPEG-4 ISO/IEC 14496-3 [23], содержащие в составе кодека HE-AAC v.2 алгоритмы компрессии AAC [24], SBR, PS. В этой вер-

сии стандарта был добавлен также и алгоритм компрессии MPEG D Surround [25], специально предназначенный для кодирования сигналов многоканальной стереофонии, например, формата 5.1.

В добавлении [8] к версии стандарта [7], благодаря усилиям разработчиков из разных стран [26], появилась возможность передачи и видеoinформации, за счет добавления алгоритмов компрессии видеоданных, реализованных в кодере H.264/MPEG-4 AVC; H.264/MPEG-4 SVC, а также алгоритмов JPEG, PNG, MNG, BMP, etc и ASCII text, etc [27]. Это превратило систему DAB в полноценную систему передачи мультимедийной информации, получившую название T-DMB. Основные её характеристики представлены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Характеристики системы цифрового мультимедийного вещания, рекомендуемой ITU-R для применения в полосе частот 174...240 МГц диапазона ОВЧ (Европейская платформа цифровых технологий)

Наименование характеристики	Система T-DMB (Мультимедийная система А, ITU-R BT.18336, ITU-R BT.2049-7, ETSI TS 102 428 V1.2.1 (2009-04))
Полоса частот диапазона ОВЧ, МГц	174-240
Полоса частот радиоканала с учетом защитной полосы, МГц	1,712
Полоса частот радиоканала, МГц	1,536
Применение	Одночастотные сети, региональные сети, локальные сети, отдельные передатчики
Условия работы	Портативные и стационарные приемники
Условия радиоприема	Многолуче́вость и затенения, мобильный прием
Транспортный поток	MPEG-2 TS
Виды передаваемой информации	Звуковые программы, программы телевидения, данные, данные сопутствующие программам, данные быстрого доступа
Тип модуляции	COFDM/DQPSK
Частотное планирование	Рекомендация ITU-R BS. 1114-9, ITU-R BS. 1660-7
Цифровая платформа передачи основных цифровых потоков/режимы передачи	DAB (ETSI EN 300 401 V1.4.1; ITU-R BS. 1660-7) / Режим I, Режим II, Режим III, Режим IV
Число поднесущих в частотном блоке COFDM/режим работы	1536/Режим I; 384/Режим II; 192/Режим III; 768/Режим IV
Расстояние между поднесущими частотами, кГц /режим работы	1/Режим I; 4/Режим II; 8/Режим III; 2/Режим IV
Длительность OFDM-символа, мкс/режим работы	1246/Режим I; 312/Режим II; 156/Режим III; 623/Режим IV
Длительность защитного интервала OFDM-символа, мкс /режим работы	246/Режим I; 62/Режим II; 31/Режим III; 123/Режим IV
Длительность полезной части OFDM-символа, мкс /режим работы	1000/Режим I; 256/Режим II; 125/Режим III; 500/Режим IV
Длительность нулевого символа, мкс /режим работы	1297/Режим I; 324/Режим II; 168/Режим III; 649/Режим IV
Модуляция поднесущих в частотном блоке OFDM-символа	DQPSK

Наименование характеристики	Система T-DMB (Мультимедийная система А, ITU-R BT.18336, ITU-R BT.2049-7, ETSI TS 102 428 V1.2.1 (2009-04))
Длительность фрейма передачи, мс/режим работы	96/Режим I; 24/Режим II; 24/Режим III; 48/Режим IV
Скорость передачи, Мбит/с	0,576...1,728
Пропускная способность канала передачи данных, связанных с программой (PAD), кбит/с	0,66...64 кбит/с; (за счет уменьшения пропускной способности аудиоканала);
Пропускная способность канала быстрого доступа FIC, не более, кбит/с	16
Защита цифровых данных от одиночных ошибок	Сверточное кодирование со скоростью кода от 1/3 (самый высокий уровень защиты) до 3/4 (самый низкий)
Защита цифровых данных от групповых ошибок	Временное перемежение цифровых данных с глубиной перемежения равной 16 кадров
Защита цифровых данных от селективного затухания в радиоканале	Частотное перемежение (перемежение DQPSK-ячеек)

Укрупненная структурная схема передающей части системы T-DMB представлена на рисунке 5 [8, 26]. Важно, что процедуры формирования логических каналов, обработки данных основных цифровых потоков (рандомизация, канальное кодирование, временное перемежение цифровых данных и ячеек модуляции), применяемых видов модуляции остались теми же самыми, что и в системе DAB проекта Eureka 147. Это позволяет говорить об обратной совместимости семейства DAB: приемник DMB может принять сигналы всех форматов семейства (DMB/DAB+/DAB); приемник DAB+ может принимать сигналы форматов DAB+/DAB и не может декодировать сигнал DMB; приемник DAB, в свою очередь, может принимать только сигналы формата DAB.

Примеры возможных вариантов передачи программ телевидения и радиовещания с использованием технологии систем семейства DAB представлены на рисунке 6 [28]. Если мультиплекс семейства DAB содержит аудиоданные с использованием только кодера MPEG-1 Layer II, то он передает примерно до 9 программ звукового вещания (см. рисунок 6а). Применение кодера MPEG-4 HE-AAC v.2 позволяет передать уже до 28 программ звукового вещания в одном радиоканале DAB (см. рисунок 6б). Если мультиплекс содержит данные кодера MPEG-1 Layer II и кодера MPEG-4 HE-AAC v.2, то в полосе частот радиоканала DAB+ шириной 1,536 МГц можно, например, одновременно передать 5 программ 3В в формате MPEG-1 Layer II и до 11 программ 3В в формате MPEG-4 HE-AAC v.2 (см. рисунок 6в). И, наконец, в полосе частот радиоканала 1,536 МГц можно передать 3 программы 3В в стандарте MPEG-1 Layer II, 8 программ 3В в стандарте MPEG-4 HE-AAC v.2 и 2 программы мобильного телевидения (см. рисунок 6г).

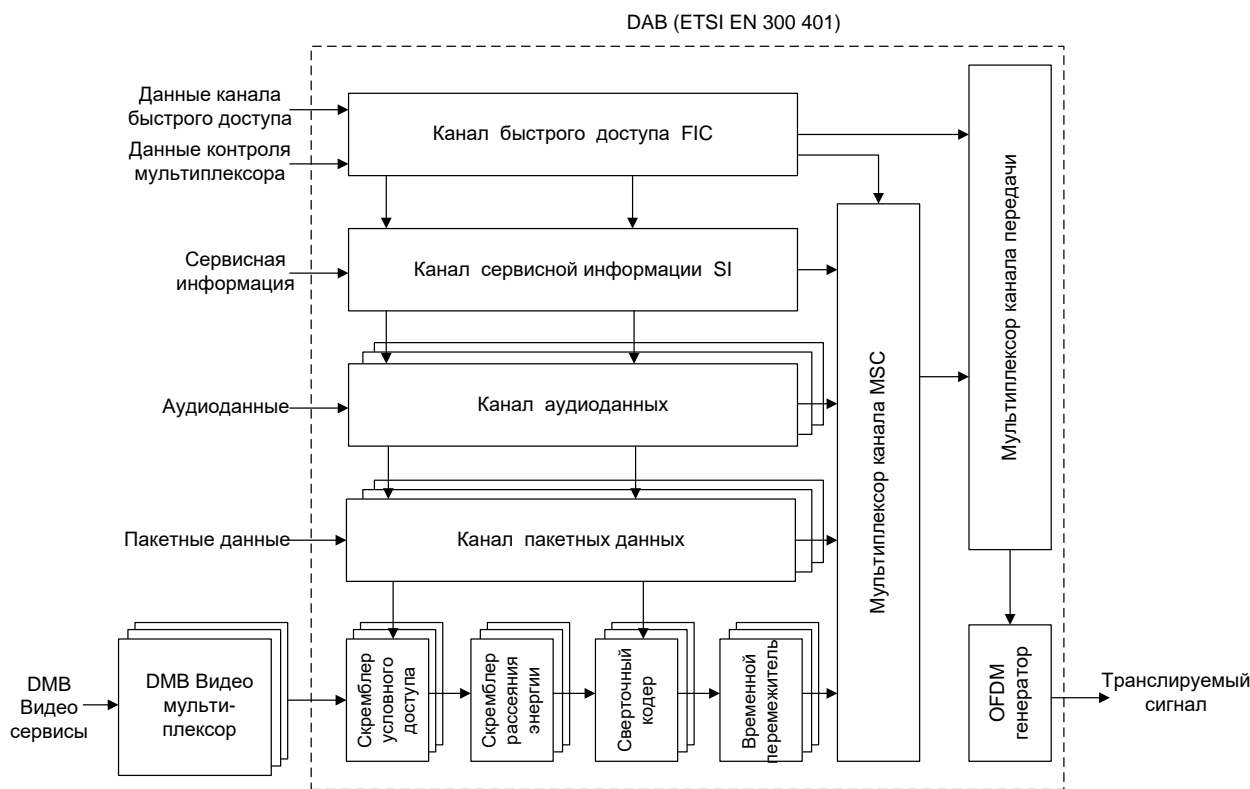


Рис. 5. Укрупненная структурная схема системы DAB с возможностью передачи видеoinформации (T-DMB)

Семейство DAB/DAB+/DMB – это гибкая технология, при ее применении возможен мобильный прием на простую штыревую антенну самой раз-

нообразной мультимедийной информации, включая и мобильное телевидение.

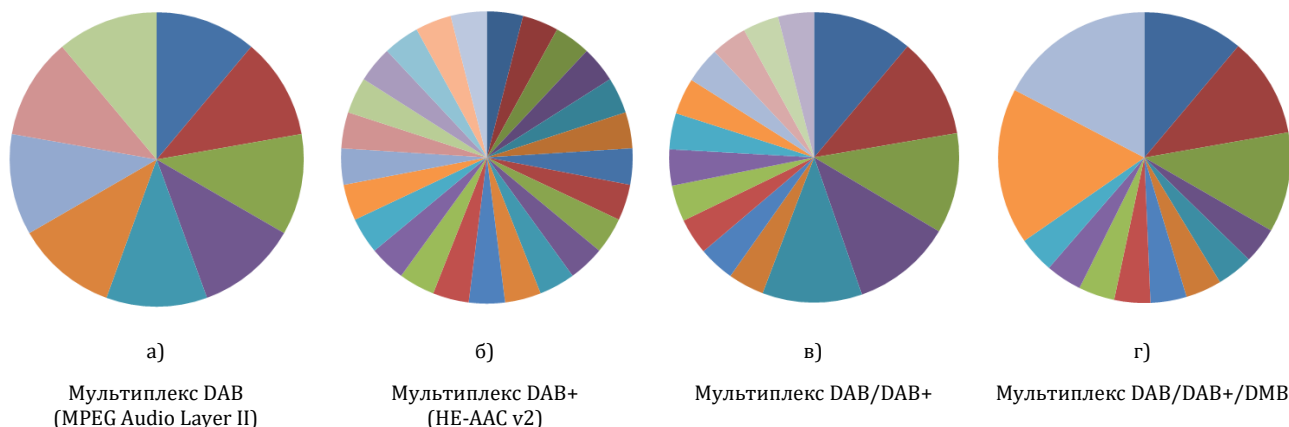


Рис. 6. Примеры возможных вариантов передачи программ ТВ и ЗВ в мультиплексе DAB/DAB+/DMB

Заключение

1) В соответствии с рекомендацией ITU-R [18] для цифрового телевидения и радиовещания в диапазоне ОВЧ и УВЧ выделены следующие полосы частот: 47–68, 65,9–74 МГц; 76–87,5...108 МГц; 174...240 МГц; 470...790 МГц. Рекомендуется полосы частот 65,9...74 МГц и 87,5...108 МГц использовать только для передачи программ радиовещания в формате DRM+. В этих полосах частот возможен постепенный переход к цифровому радиовещанию без предварительного вывода из эксплуатации аналоговых передатчиков, они могут быть

выведены из эксплуатации по мере выработки ими ресурса [16, 17].

В полосе частот 470...790 МГц возможен постепенный переход на систему цифрового телевидения DVB-T2 с сохранением прежней полосы частот радиоканала. Для Европы это 7 МГц, а для России соответственно 8 МГц. Здесь возможна одновременная передача программ ТВ и РВ без изменения принятого частотного планирования только на основе применения последней версии стандарта DVB-T2. В полосе частот 174...240 МГц, ситуация для России оказывается несколько сложнее.

2) В соответствии с рекомендацией ITU-R BS.1660-7 (10/2015) полоса частот 174...240 МГц диапазона ОБЧ может быть использована радиовещательными системами только стандартов DAB и DRM+.

3) В период постепенного перехода к цифровым технологиям в России всё более отчетливо проявляется следующая тенденция использования полос частот, выделенных для цифрового телевидения и радиовещания:

– полосы частот 65,9...74, 87,5...108 МГц рекомендуется использовать только для передачи программ цифрового радиовещания и сопутствующей им информации. Система РАВИС, ориентированная на передачу как программ радиовещания так и телевидения и позиционируемая разработчиками как мультимедийная аудиовизуальная цифровая система, отсутствует в последней рекомендации ITU-R BS.1114-9. (06/2015) [6]. Система РАВИС включена в более ранние отчеты ITU-R при выполнении исследовательских работ в области цифрового телерадиовещания, как вклад Российской Федерации (отчеты ITU-R BT.2049; ITU-R BS.2214). В силу этой причины в нашей стране представляется целесообразным применение в этих полосах частот системы DRM (режим работы E). Это снимает проблемы, связанные с интеграцией России в международное информационное пространство и с необходимостью организации собственного производства радиоприемной аппаратуры формата РАВИС;

– полосу частот 174...240 МГц рекомендуется использовать для передачи программ телерадиовещания и различной сопутствующей им информации. Для работы в этой полосе частот рекомендуются транспортные механизмы системы DAB, которая постепенно трансформируется в мультимедийную систему DAB/DMB, рекомендуемую ITU-R для одновременной передачи аудио- и визуальной информации при возможности мобильного радиоприема;

– полоса частот 470...790 МГц в России используется для передачи программ цифрового телевидения в основном для стационарного их радиоприема. Выбор европейского стандарта DVB-T2 представляется вполне оправданным. Более поздняя версия данного стандарта DVB-T2 Lite предусматривает также и возможность мобильного приема и совместной передачи в одном радиоканале программ телевидения и радиовещания. Но все же основное назначение, на сегодняшний день – это стационарный прием программ цифрового телевидения.

4) В России в период перехода к «цифре» достаточно разумным шагом представляется возможность использования полосы частот 174...240 МГц для отработки технологий мобильного приема программ телевидения и радиовещания на основе применения стандартов DAB/DAB+/DMB и DRM+. Это позволит уточнить параметры каждого из мультиплексов, определиться с составом и качеством передаваемых программ, включая и форматы видео- и звуковых сигналов, на основе использования стандартного передающего и приемного оборудования, оценить востребованность этих новых технологий населением в условиях мобильного радиоприема.

5) В конечном итоге, после завершения переходного периода полоса частот 174...240 МГц, скорее всего, будет отдана последней версии стандарта DAB/DMB, а полосы частот 65,9...74 МГц и 87,5...108 МГц – формату DRM+ как это и требует рекомендация ITU-R BS.1660-7 (10/2015) [18]. При этом полосу частот 174...240 МГц целесообразно использовать для совместной передачи программ телевидения и радиовещания с ориентацией на мобильный прием передаваемых программ в формате DAB/DMB.

Список используемых источников

1. ETSI EN 300 744 V1.6.2 (2015-10). Digital Video Broadcasting (DVB). Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Terrestrial Television.
2. ETSI EN 302 755 V1.4.1 (2015-07). Digital Video Broadcasting (DVB). Frame Structure Channel Coding and Modulation for a Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2).
3. ATSC Digital Television Standard. Part 1 – Digital Television System. Doc. A/53 Part 1: 2013 7 August 2013.
4. ARIB STD-B31 Version 2.2 (2014-3). Transmission System for Digital Terrestrial Television Broadcasting.
5. Framing Structure, Channel coding and Modulation for Digital Terrestrial Broadcasting System (DTMB) // Chinese National Standard GB 20600-2006. Publish Data 2006-08-18. Execution Data 2007-08-01.
6. Recommendation ITU-R BS.1114-9 (06/2015). Systems for Terrestrial Digital Sound Broadcasting to Vehicular, Portable and Fixed Receivers in the Frequency Range 30-3000 MHz.
7. ETSI EN 300 401 V2.1.1 (2016-10). Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to Mobile, Portable and Fixed Receivers.
8. ETSI TS 102 428 V1.2.1 (2009-04). Digital Audio Broadcasting (DAB). DMB Video Service. User Application Specification.
9. ETSI ES 201 980 V4.1.1 (2014-01). Digital Radio Mondiale (DRM). System Specification.
10. In-Band/On-Channel Digital Radio Broadcasting Standard. NRSC-5 (September, 2011).
11. ARIB STD-B29 Version 2.2 (2005-11). Transmission System for Digital Terrestrial Sound Broadcasting.

12. 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.
13. Дворкович В.П., Дворкович А.В. Отвечает ли отечественная система РАВИС потребностям локального радиовещания. Часть 1 // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. 2011. № 2. С. 34–38.
14. Дворкович В.П., Дворкович А.В. Отвечает ли отечественная система РАВИС потребностям локального радиовещания. Часть 2 // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. 2011. № 3. С. 42–46.
15. Report ITU-R BT.2049-7 (02/2016). Broadcasting of Multimedia and Data Applications for Mobile Reception.
16. Горегляд В.Д., Ковалгин Ю.А., Мышьянов С.В., Соколов С.А. Рекомендации по внедрению в Российской Федерации стандарта радиовещания DRM+ // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. 2016. № 2. С. 28–32.
17. Владыко А.Г., Ковалгин Ю.А., Мышьянов С.В. Первые шаги стандарта DRM+ в Российской Федерации // Электросвязь. 2016. № 5. С. 60–66.
18. Recommendation ITU-R BS.1660-7 (10/2015). Technical Basis for Planning of Terrestrial Digital Sound Broadcasting in the VHF Band.
19. Горегляд В.Д., Ковалгин Ю.А., Мышьянов С.В., Соколов С.А. О возможности диверсификации радиоканала наземного цифрового телевидения // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. 2015. № 1. С. 26–29.
20. Горегляд В.Д., Ковалгин Ю.А., Мышьянов С.В., Соколов С.А. Диверсификация радиоканала телевизионного вещания // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. 2015. № 6. С. 42–46.
21. International Standard ISO/IEC 11172-3. Information Technology – Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at Up to About 1,5 Mbit/s. Part 3: Audio. 1993-08-01.
22. International Standard ISO/IEC 13818-3. Information Technology. Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information. Part 3: Audio. 1995-05-15.
23. ISO/IEC FCD 14496-3 Subpart 1. Information Technology. Very Low Bitrate Audio-Visual Coding. Part 3: Audio, 1998-05-10 (ISO/JTC 1/SC 29, N2203).
24. International Standard ISO/IEC 13818-7. Information Technology. Generic Coding of Pictures and Associated Audio Information. Part 7: Advanced Audio Coding (AAC). 1997 (E).
25. ISO/IEC 23003-1:2007/Cor.1:2008. Information Technology. MPEG Audio Technologies. Part 1: MPEG Surround. TECHNICAL CORRIGENDUM 1. International Standards Organization. Geneva, Switzerland (2008).
26. Report ITU-R BT/2049-7 (02/2016). Broadcasting of Multimedia and Data Applications for Mobile Reception / DN Series. Broadcasting Service (television).
27. Recommendation ITU-T H.264 (02/2016).
28. Herrmann F., Erisman L.A., Prosch M. The Evolution of DAB // EBU TECHNICAL REVIEW. July 2007. URL: http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_306-movie.pdf.

* * *

174 ... 240 MHz BAND DIVERSIFICATION DURING THE TRANSITION TO DIGITAL TELEVISION AND BROADCASTING

Y. Kovalgin¹, S. Myshyanov¹

¹The Bonch-Bruевич State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

Article info:

Article in Russian

For citation: Kovalgin Y., Myshyanov S. 174 ... 240 MHz Band Diversification during the Transition to Digital Television and Broadcasting // Proceedings of Telecommunication Universities. 2017. Vol. 3. Iss. 3. PP. 68–77.

Annotation: *The article deals with the problems of transition from analogue to digital broadcasting standards in the Russian Federation. There is comparing Russian and European frequency planning in the range of 174-240 MHz. A variant of sharing a radio channel with a width of 8 MHz in the range 174-240 MHz with DAB / DMB and DRM systems due to account the frequency planning adopted in the Russian Federation is proposing. The characteristics of DRM, DAB, DMB systems are given. Links to all modern standards of digital television and broadcasting are given.*

Keywords: *digital television, digital broadcasting, DRM, DAB, DMB, radio channel diversification, frequency planning.*