

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МИРОВОГО ЦИФРОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ В ФОРМАТЕ DRM

Ю.А. Ковалгин¹, В. Сантуш^{1*}

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

*Адрес для переписки: svirgilio5@gmail.com

Информация о статье

УДК 621.396

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Ковалгин Ю.А., Сантуш В. Результаты экспериментального исследования мирового цифрового радиовещания в формате DRM // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 4. С. 63–69.

Аннотация: *Обобщены результаты экспериментального радиовещания в формате DRM в мире, опубликованные национальными администрациями стран в отчетах и рекомендациях ITU-R. На основе их анализа сформулированы условия комфортного прослушивания звуковых программ, требования к оборудованию, необходимые для выполнения этого условия. Приведен перечень программного обеспечения, рекомендуемого для применения при частотном планировании сетей цифрового радиовещания.*

Ключевые слова: *цифровое радиовещание, формат DRM, диапазоны НЧ, СЧ, ВЧ, результаты экспериментального исследования.*

В связи с переходом на цифровые технологии многие страны мира проводили экспериментальное радиовещание в формате DRM (от англ. *Digital Radio Mondiale*) для подтверждения заявленных в стандарте характеристик, уточнения параметров передающего и приемного оборудования, разработки и принятия нормативных документов, регламентирующих его работу, а также и для накопления опыта эксплуатации сетей цифрового радиовещания (ЦРВ) в данном формате.

Изучение отчетов международного союза электросвязи (МСЭ, ITU-R) позволило обобщить сведения, полученные в ходе выполнения этих работ, в таблице 1. Здесь, кроме перечня стран, где выполнялось экспериментальное радиовещание в формате DRM, указаны значения центральных частот радиоканалов, мощности передатчиков, а также отсылки к отчету, представленному национальными администрациями в ITU-R. Наибольшая часть исследований, посвященных изучению возможностей передачи и приема сигналов ЦРВ в формате DRM, проводилась с 2005 по 2012 годы, при этом их большая часть выполнена в диапазоне СЧ, несколько меньшая часть – в диапазоне НЧ и наименьшая часть – в диапазоне ВЧ.

Результаты исследования показали, что сигнал DRM уверенно принимается при 100 % декодиро-

вании звуковых блоков на расстояниях от радиостанции до 440 км (Германия, частота 1485 кГц), до 887 км (Франция, частота 999 кГц), до 708 км (Испания, частота 1359 кГц), до 1630 км (Россия, частота 526 кГц). Экспериментальное радиовещание проводилось девятью радиостанциями, работающими в диапазоне СЧ на частотах: 693 кГц (Италия, мощность передатчика 0,1...100 кВт); 855 кГц и 909 кГц (Германия, мощности передатчиков 0,1...150 кВт и 0,1...100 кВт); 999 кГц (Франция, мощность передатчика 100 кВт); 1296 кГц (Англия, мощность передатчика (не приведена); 1359 кГц (Испания мощность передатчика 100 кВт); 1485 кГц и 1593 кГц (Германия, мощности передатчиков 100 и 150 кВт); 1611 кГц (Италия, мощность передатчика 100 кВт). Исследования, проведенные в Испании в 2004 году с одним передатчиком мощностью 4 кВт на частоте 1359 кГц, показали, что в сельской местности в радиусе до 100 км для 83...100 % точек измерения в зависимости от режима помехоустойчивости с вероятностью 0,98 возможен уверенный радиоприем сигнала DRM.

Кроме отчетов, представленных национальными администрациями, авторами также были изучены комментарии по оценке качества приема этих сигналов слушателями, опубликованные на соответствующих сайтах: www.drmtx.org/forum и www.transradio.de/ru.

ТАБЛИЦА 1. Общие сведения об экспериментальном радиовещании в формате DRM в мире

Страна / город / год / радиостанция	Диапазон частот / центральная частота радиоканала, кГц	Мощность передатчика, кВт	Соответствие стандарту	Публикации / доп. требования к оборудованию
Ю. Африка / Претория / 2015	НЧ / 296 СЧ / 1 440	0,1...100	Да	[1, 2] / Нет
Нигерия / Абуджа / 2012	НЧ / 299	0,1...150	Да	[1] / Нет
Россия / Моск. область / 2012	СЧ / 526 НЧ / 153	0,1...60	Да	[1, 3] / Да [6]
Франция / Париж / 2009-2011	СЧ / 999	0,1...100	Да	[1, 4, 5] / Нет
Испания / Мадрид / 2005	СЧ / 1359	0,1...100	Да	[6] / Нет
Италия / Ватикан / 2007 / Радио Санта-Мария	СЧ / 7320 СЧ / 1611	0,1...100	Да	[1, 7] / Нет
Германия / Ораниенбург, Донебах / 2005	НЧ / 177 СЧ / 1485 СЧ / 1593	0,1...150	Да	[1, 4, 5] / Нет
Индия / Раджкоте / 2013	СЧ / 1368	0,1...200	Да	[2, 4, 5, 7] / Нет
Индия / Нангли и Дели / 2008	СЧ / 666	0,1...100	Да	[2, 4] / Нет
Дания / Калундборг / 2008-2009	НЧ / 243	0,1...200	Да	[4, 5] / Нет
Украина / Киев / 2013	НЧ / 243	0,1...150	Да	[1, 8] / Нет
Мексика / Истепалапа / 2006	СЧ / 1060	0,1...100	Да	[1] / Нет
Италия / Милан / 2007	СЧ / 692	0,1...200	Да	[9, 10] / Нет
Вьетнам / 2007	СЧ / 666	0,1...500	Да	[11] / Нет

При экспериментах измерялись напряженность электромагнитного поля, уровень атмосферных шумов и промышленных помех, отношение сигнал-шум (ОСШ, дБ), оценивались условия, когда качество радиоприема считается слушателями комфортным, рассчитывался с применением рекомендуемого ITU-R программного обеспечения радиус зоны обслуживания передатчика. При этом определяющими факторами для качественного радиоприема были, как и следовало ожидать, уровень промышленных помех и атмосферных шумов, мощность передатчика и, в конечном итоге, значение отношения сигнал-шум в месте радиоприема.

Полученные в разных странах результаты можно обобщить по следующим позициям.

Во-первых, исследователями подтверждены основные характеристики системы DRM, заявленные в стандарте (в частности, величины ОСШ, необходимые для успешного декодирования DRM-сигнала в точке радиоприема для разных уровней защиты).

Во-вторых, цифровое радиовещание по технологии DRM обеспечивает больший охват территории с лучшим качеством аудиоконтента при использовании меньшей мощности передатчиков по сравнению с традиционным аналоговым радиовещанием с амплитудной модуляцией.

В-третьих, в ряде случаев уровень промышленных шумов и помех, проводимость почвы отличались от значений, опубликованных в рекомендациях ITU-R [12, 13, 14]. Например, уровни промышленных радиопомех в Мехико [12] на 40 дБ превышали данные, имеющиеся в рекомендациях ITU-R. В ряде населенных пунктов Италии [9, 15] также имеет место больший уровень промышленных радиопомех, чем по данным ITU-R. Учитывая, что прием сигнала DRM носит пороговый характер, при выборе мощности передающих станций и расчете зон обслуживания необходимы дополнительные измерения фактического уровня промышленных помех, атмосферных шумов и проводимости почвы для подтверждения и уточнения данных, имеющихся в соответствующих рекомендациях ITU-R. Заметим, что уменьшение ОСШ от значения порога всего лишь на 1 дБ вниз приводит к прекращению приема DRM-сигнала.

В-четвертых, определен критерий комфортного прослушивания и установлено, что прием сигнала DRM-радиостанции не вызывает отторжения у слушателей, если процент правильно декодированных звуковых блоков составляет не менее 98 % от их общего числа; данный критерий можно считать условием качественного радиоприема; этот вывод подтверждается данными таблицы 2 [4]. Заметим также, что в качестве другого критерия уверенного радиоприема принято значение вероятности появления ошибки не более чем 10^{-4} .

ТАБЛИЦА 2. Качество радиоприема сигнала DRM для различных значений напряженности поля и ОСШ

Расположение места радиоприема	Напряженность поля, дБмкВ/м	Значение ОСШ, дБ	Доля правильно принятых звуковых блоков, %
1. Индия (STIT)	81,67	30,37	100
2. Индия (Park)	74,63	33,49	100
3. Индия (Gandhi Monument)	75,56	27,01	100
4. Индия (NBH)	72,58	23,48	100
5. Испания, Мадрид	92,83	13,97	98
6. Мексика	83,65	14,17	100
7. Мексика	99,25	16,20	98
8. Россия, Москва	50,70	19,7	98

В-пятых, исследования, выполненные в Мексике [12] с передатчиком мощностью 1,25 кВт, показали, что для качественного радиоприема без прерывания звука (при 100 % декодировании звуковых блоков) в точке радиоприема требуется значение ОСШ не менее 17 дБ, что подтвердило сведения, приведенные в стандарте.

В-шестых, для частотного планирования и при расчете зон обслуживания передатчиков в диапазоне СЧ [12] предлагается использовать значения

напряженности поля, равные 45 дБмкВ/м для поселений с числом жителей менее 1000 человек и 53 дБмкВ/м – более 1000 человек. По данным [9, 15] в диапазоне НЧ в крупных мегаполисах уровень промышленных помех доходит до 70 дБмкВ/м, а в диапазоне СЧ – до 60...70 дБмкВ/м.

В качестве примера на рисунках 1 и 2 показаны кривые изменения напряженности поля DRM-передатчиков, работающих в разных частотных каналах в Германии и в России.

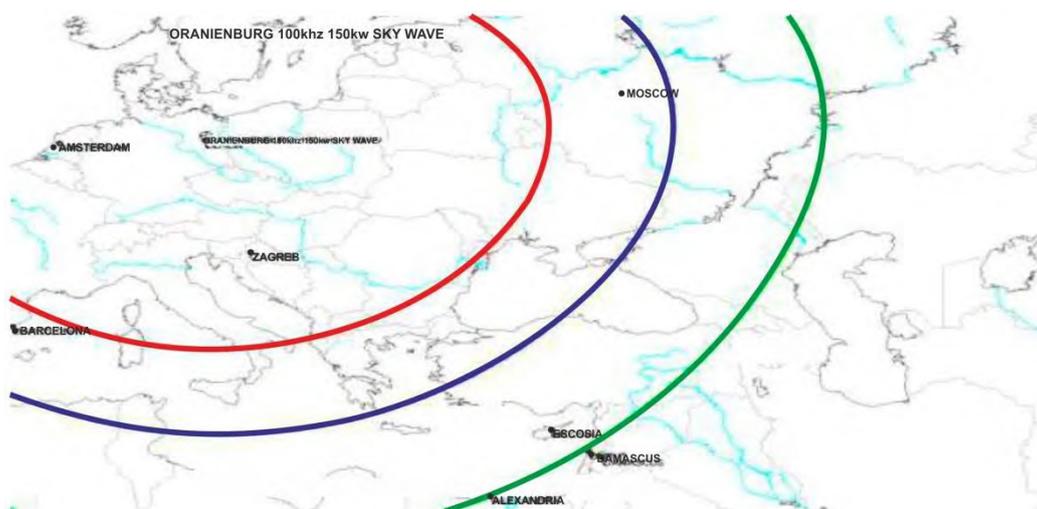
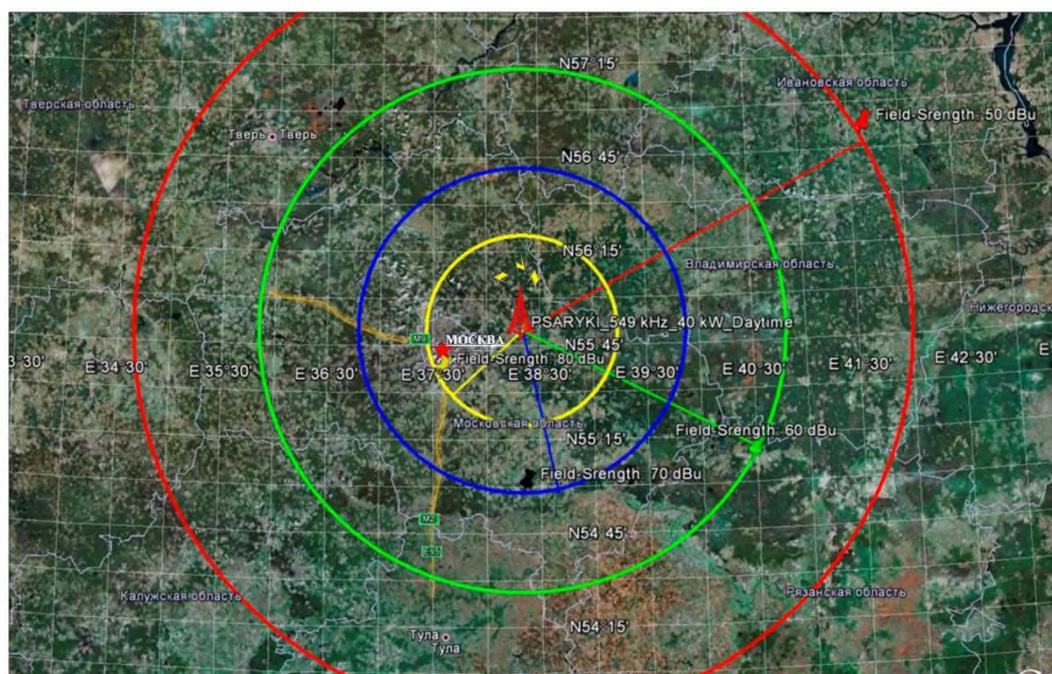


Рис. 1. Расчет напряженности поля для передатчика DRM мощностью 150 кВт, работающего на частоте 180 кГц (Германия, г. Ораниенбург, ночное время): зеленая кривая соответствует напряженности поля 50 дБмкВ/м, синяя – 55 дБмкВ/м, красная – 60 дБмкВ/м



Calculated data: — 240 km (50 dBu); — 150 km (60 dBu)
— 100 km (70 dBu); — 60 km (80 dBu)

Рис. 2. Расчет напряженности поля передатчика DRM мощностью 549 кВт (Россия, г. Москва, дневное время): 80 дБмкВ/м на расстоянии 60 км (возможен прием в городе); 70 дБмкВ/м – 100 км (гарантированный прием в сельской местности); 60 дБмкВ/м – 150 км (надежный прием во всех местах, но не гарантированное 98 % декодирование звуковых блоков в течение года); 50 дБмкВ/м – 240 км (прием в отдельных «тихих» местах и без гарантированного декодирования). В северо-западном направлении на краю зоны обслуживания возможны взаимные помехи от передатчика (549 кГц), расположенного на расстоянии 625 км

Расчет кривых напряженности поля для двух передатчиков (см. рисунок 2) выполнен с использованием специализированного программного обеспечения «LFMFLOT»; при расчетах проводимость почвы была принята равной 3 мСм/м, а диэлектрическая проницаемость, соответственно, 10.

Цифровые сети передачи программ радиовещания отличаются от аналоговых, как известно, наличием порога при радиоприеме, что требует более тщательного их планирования для обеспечения надежности и стабильности работы. По этой причине при частотном планировании необходимо более тщательно учитывать статистические характеристики распространения радиоволн и уровни распределения шумов и помех в точке радиоприема. В стандарте на систему DRM [16, 17] предлагаются две возможные модели распространения радиоволн, характеризующие радиоканал [18, 19]:

– первая модель предполагает наличие в месте радиоприема только земной волны, что имеет место в течение дня в диапазонах НЧ и СЧ [18, 20];

– вторая модель учитывает наличие земной и ионосферной волн, что имеет место в ночное время в диапазонах НЧ и СЧ [20].

При расчетах для земной и ионосферной волн необходим также учет сезонных изменений напряженности поля [20, 21]. Заметим, что условия распространения ионосферной волны сложнее: для нее необходимо учитывать суточные и краткосрочные изменения в полевых условиях, а также потери с учетом влияния солнечной активности [19, 20, 22]. Интенсивность атмосферного шума должна учитываться даже тогда, когда его уровень превысил среднее значение в 2 % времени в течение часа [13, 19].

Напряженность поля DRM-сигнала [16] может быть вычислена традиционными методами, но для условия, при котором обеспечивается возможность правильного декодирования не менее чем 98 % звуковых блоков. Требуемые для ком-

фортного прослушивания значения ОСШ при радиоприеме зависят от вида модуляции поднесущих частот, выбранной скорости кода и условий распространения радиоволн, то есть выбранной модели радиоканала (см. таблицы 3 и 4).

ТАБЛИЦА 3. Требуемое для комфортного прослушивания значение ОСШ при наличии только земной волны

ВМ	УЗ	СК	Режим устойчивости / уровень защиты (полоса частот радиоканала, кГц)			
			A/0(4,5) A/1(5)	A/2(9) A/3(10)	B/0(4,5) B/1(5)	B/2(9) B/3(10)
16- QAM	0	0,5	8,8	8,6	9,5	9,3
	1	0,62	10,9	10,7	11,5	11,3
64- QAM	0	0,5	14,3	14,1	14,9	14,7
	1	0,6	15,8	15,3	16,2	15,9
	2	0,71	17,5	17,1	17,9	17,7
	3	0,78	19,2	18,7	19,5	19,3

Условные обозначения: ВМ – вид модуляции поднесущих частот; УЗ – уровень защиты; СК – скорость кода

ТАБЛИЦА 4. Требуемое для комфортного прослушивания значение ОСШ при наличии комбинации земной и ионосферной волн

ВМ	УЗ	СК	Режим устойчивости / уровень защиты (полоса частот радиоканала, кГц)			
			A/0(4,5)	A/2(9)	B/1(5)	B/3(10)
16- QAM	0	0,5	9,8	9,4	10,3	10,2
	1	0,62	12,7	12,5	13,2	13,1
64- QAM	0	0,5	15,2	14,9	15,8	15,6
	1	0,6	16,6	16,3	17,3	16,9
	2	0,71	19,7	19,2	20,4	19,7
	3	0,78	22,9	22,0	22,8	22,3

В России был проведен целый комплекс работ по заказу ФГУП РТРС [23, 24, 25], связанных с внедрением стандарта DRM. Большая их часть выполнена при непосредственном участии или под руководством О.В. Варламова [26]. В его работах сформулированы дополнительные требования к передающему и приемному оборудованию, необходимые для успешной эксплуатации данного стандарта ЦРВ [3, 20, 26, 27, 28, 29]; эти требования приведены в таблицах 5 и 6.

ТАБЛИЦА 5. Дополнительные требования к оборудованию передающего тракта системы DRM

Полоса частот радиоканала	Частота дискретизации звукового сигнала	Полоса частот в канале звука с SBR / без SBR	Стандарт кодирования и область его применения	Диапазон воспроизводимых частот звукового давления всего тракта при неравномерности частотной характеристики звукового давления 14 дБ, Гц (не уже):		
				Норма для аппаратов групп сложности		
кГц	кГц	Гц		0	1	2
4,5	16 (8)	50–10000 / 50–7000	MPEG-4 CELP Используется в каналах с большим уровнем помех, при одновременной передаче AM- и DRM- сигналов	80–12500	125–1000	200–10000 (стерео) 315–6300 (моно)
5		50–7000 / 100–3800				
9	24 (12)	20–15000 / 50–10000	MPEG-4 AAC Перспективное звуковое кодирование, включающее средства повышения помехоустойчивости для монофонического и стереофонического радиовещания			
10		50–10000 / 100–6000				
18	Такие же, как при ширине полосы радиочастот 9 и 10 кГц		Используется для организации 2-х высококачественных радиоканалов, передачи стереосигнала, дополнительных сервисов			
20						

ТАБЛИЦА 6. Требования к DRM-приемникам различных групп сложности

1. Чувствительность в диапазонах частот (не хуже):	ДВ	СВ	КВ1 (2,3–6,2 МГц)	КВ2 (6,2–27 МГц)		
Измерения по напряженности поля для носимых приемников со встроенными антеннами, дБмкВ/м	46	40	32	28		
Измерения с эквивалентом антенны № 1 для носимых приемников, дБмкВ/м	68	62	54	50		
Измерения с эквивалентом антенны № 2 для носимых приемников, дБмкВ/м	37	31	23	19		
Для автомобильных и стационарных приемников, дБмкВ/м	8	8	8	8		
2. Динамический диапазон, дБ	84	90	80	80		
3. Избирательность по соседнему каналу	Частотный интервал, кГц		Подавление для всех диапазонов частот (не менее), дБ			
1 канал	9/10		25			
2 канала	18/20		35			
3 канала	27/30		45			
4 канала и более	$\geq 36/40$ и < 400		50			
Удаленные каналы	≥ 400		≥ 60			
4. Подавление со-канального АМ-сигнала	Более 60 дБ					
5. Динамический диапазон по блокированию	Более -5 дБ					
6. Интермодуляционные искажения	Не менее минус 40 дБ от уровня принимаемого сигнала для частот, отстоящих на 200 и 400 кГц от принимаемого сигнала					
7. Требуемое для декодирования ОСШ в различных каналах распространения (не более), дБ	Номер канала распространения и номер тестового набора					
	1	2	3	4	5	6
	21	22	31	26	20	25
8. Задержка начала декодирования сигнала в различных каналах распространения при заданном ОСШ, дБ:	26	27	39	31	25	30
9. Задержка начала декодирования (не более), мс	3200			4000		

В частности, в России, включая территорию Москвы, была создана зона экспериментального радиовещания в формате DRM. При этом измерялись напряженность электромагнитного поля, уровни шума в городской застройке, внутри зданий городской застройки и в сельской местности, затухание сигнала, отношение сигнал-шум, мощности передатчиков, необходимые для обеспечения условий комфортного прослушивания [25].

Кроме того изучались возможности создания локальных синхронных сетей, включая и полосу частот 25,67...26,10 МГц. Все это позволило разработать практические рекомендации по созданию локальных синхронных сетей цифрового радиовещания стандарта DRM в крупных городах. По результатам этих работ, выполненных в Московской области, была создана зона синхронного радиовещания с использованием двух передатчиков, расположенных в городах Краснодар (30 кВт) и Калининград (15 кВт) [3, 18, 23].

Качество приема сигнала ЦРВ сравнивалось с FM-радиовещанием диапазона ОВЧ. Это, пожалуй, наиболее полные и комплексные исследования характеристик и возможностей ЦРВ стандарта DRM, подтвердившие преимущества данного стандарта. Они могут быть положены в основу частотного планирования и стратегии перехода к цифровому радиовещанию. Важно, что применение синхронных сетей ЦРВ существенно экономит радиочастотный ресурс.

При прогнозировании требуемой напряженности электромагнитного поля следует, прежде всего, учитывать рекомендации ITU-R, а также опыт, накопленный разными странами в этой области, включая и результаты расчетов зон обслуживания передатчиков. В таблице 7 приведены рекомендации ITU-R для прогнозирования напряженности поля ионосферной и земной волн разных регионах мира [31]; кривые, приведенные в рекомендациях ITU-R P.368 и P.1147, получены с использованием компьютерной программы GRAWE.

ТАБЛИЦА 7. Рекомендации ITU-R для прогнозирования характеристик распространения радиоволн в диапазонах НЧ, СЧ, ВЧ

№	Наименование	Рекомендация ITU-R	Диапазон частот	Тип волны
1.	Прогнозирование характеристик напряженности поля в диапазоне НЧ (до 150 кГц)	ITU-R P.684-7	НЧ	Ионосферная
2	Прогнозирование характеристик напряженности поля в диапазонах НЧ, СЧ (150...1700 кГц)	ITU-R P.1147-4	НЧ, СЧ	Ионосферная
2.	Прогнозирование характеристик напряженности поля в диапазоне ВЧ (2...30 МГц)	ITU-R P.533-13	ВЧ	Ионосферная
3.	Эталонные характеристики ионосферы, разработанные МСЭ-R	ITU-R P.1239-3	СЧ	Ионосферная
4.	Метод расчета напряженности поля при распространении посредством спорадического слоя E	ITU-R P.534-5	Верхняя часть диапазона ВЧ, ОВЧ	Ионосферная
5.	Кривые распространения земной волны (10 кГц ...30 МГц)	ITU-R P.368-9	НЧ, СЧ, ВЧ	Земная

Заключение

1) Международным союзом электросвязи (ITU-R) рекомендованы для применения в диапазонах с амплитудной модуляцией (AM) две системы цифрового радиовещания – это DRM (режимы работы A,B,C,D) и IBOC HD Radio AM. Для более активного продвижения первой технологии создан DRM-консорциум. Экспериментальное радиовещание в формате DRM проведено уже во многих странах: Мексике, Индии, Украине, Германии, Нигерии, Южной Африке, Италии, России, Швейцарии, Франции, Англии, Швеции, Испании и Дании. Полученные при этом результаты представлены как вклады национальных администраций в виде отчетов и рекомендаций ITU-R, а также и в форме обсуждений на форумах в сети интернет. Наиболее существенная часть полученных при этом результатов относится к диапазонам НЧ и СЧ, существенно меньшая часть – к диапазону ВЧ.

2) Тщательный анализ результатов, полученных исследователями в ходе экспериментов по применению технологии DRM в радиовещании, подтвердили характеристики системы DRM, заявленные в стандарте. В отчетах национальных администраций отмечено, что применение технологии DRM создает комфортные условия при прослушивании радиопрограмм благодаря более высокому качеству аудиоконтента и отсутствию слышимых при приеме помех. Немаловажным фактором является также возможность использования стандарта DRM для оповещения населения в условиях чрезвычайных ситуаций, это также удобное и надежное средство при гражданской обороне.

3) Учитывая, что прием программ ЦРВ носит пороговый характер, особое внимание исследователей было обращено на выявление условий, при

которых обеспечивается надежность и качество приема звуковых программ. В результате измерений было установлено, что уровни промышленных и атмосферных шумов, суточные и сезонные изменения условий распространения радиоволн, приводимые в действующих рекомендациях ITU-R, часто не соответствуют фактическим значениям, т. е. нуждаются в уточнении. Это необходимо иметь в виду при выборе архитектуры построения сети ЦРВ, частотном планировании и расчете зон обслуживания отдельных передатчиков; важно, что изменение же самих методик расчета не требуется.

4) Передающее оборудование системы DRM, включающее контент-сервер, модулятор, радиочастотный усилитель мощности, контрольно-измерительное оборудование и программное обеспечение для управления передающим комплексом оборудования, серийно выпускается многими фирмами. Что же касается приемников, то их выбор на рынке пока, к сожалению, крайне ограничен, хотя вся элементная база для их массового производства имеется. Последнее, несомненно, затрудняет быстрое распространение технологии ЦРВ, но это лишь вопрос времени.

5) Применение технологии DRM в радиовещании особенно оправдано в странах с большой территорией и неравномерным распределением населения; в настоящее время сигнал DRM регулярно транслируется в мире радиостанциями с мощностью от 18 до 200 кВт. Значительный интерес к стандарту DRM отмечен в Африканском и Тихоокеанском регионах, в таких странах, как Нигерия, Замбия, Мозамбик, Алжир, Ботсвана и Южная Африка. В качестве национального стандарта он принят уже в трех странах, а именно: Индия, Танзания, Намибия. Аналогичное решение для диапазонов НЧ, СЧ и ВЧ принято также и в России.

Список используемых источников

1. Report ITU-R BS.2384-0 (07/2015). Implementation Considerations for the Introduction and Transition to Digital Terrestrial Sound and Multimedia Broadcasting / BS Series. Broadcasting service (sound).
2. DRM – Digital Radio Mondiale Delivers for all. HFCC 21-25. Cape Town, South Africa. 2017.
3. Report ITU-R doc. 6/228-E. Measurements of DRM Coverage Area in the Medium Frequency Band in the Day-Time, Night-Time and in the Fading Zone. Russian Federation. 2013.
4. Forum's material DRM. URL: www.drmtx.org/forum
5. Material from the network DRM. URL: <http://www.drm.org>
6. Report ITU-R doc. 6E/175 (2005). Digital Radio Mondial (DRM). Daytime MW tests.
7. Report ITU-R, doc. 6D/10-E (2008-03). Digital Radio Mondiale (DRM), Asia-Pacific Broadcasting Union (ABU). Results of DRM Trials in New Delhi: Simulcast Medium Wave, Tropical Band, Nvis and 26 MHz Local Broadcasting.
8. Material from radioactivity. URL: <http://alokeshgupta.blogspot.ru/2013/04/first-drm-test-from-ukraine.html>
9. Report ITU-R Contribution SG6/353 (2007-04). DRM Test in the MF Band in Italy.
10. Report ITU-R doc. 6E/199-E (2002-03). Digital Radio Mondiale (DRM). DRM Simulcast Teste Port to ITU-R V1.0 – 20/02/02 (Including Simulcast Test Plan and Available from Laboratory Test Simulcast Reference Values).
11. Report ITU-R doc. WP6E: Contributions: 390. DRM medium wave reception tests in Vietnam. ABU, 2006.
12. Report ITU-R, doc. 6E/403-E. (2006-08) Digital Radio Mondiale (DRM). MW Simulcast Tests in Mexico D.F.
13. Rec. ITU-R.P.372-11 (09/2013). Radio noise.
14. Varlamov O.V. The Radio Noise Effect on the Coverage Area of DRM Broadcast Transmitter in Different Regions // T-Comm. 2015. № 2. PP. 90-93.
15. Report ITU-R doc.6E/460-E (2007-4). DRM Day Time MW Tests for Frequencies Below 1 MHz.
16. Rec. ITU-R P.1321 (02/2007). Propagation Factors Affecting Systems Using Digital Modulation Techniques at LF and MF.

17. Rec. ITU-R.P.368-9 (2007). Ground-Wave Propagation Curves for Frequencies between 10 kHz and 30 MHz.
18. Rec. ITU-R BS.1615-1 (05/2011). Planning Parameters for Digital Sound Broadcasting at Frequencies Below 30 MHz.
19. Варламов О.В. Особенности частотно-территориального планирования сетей радиовещания DRM диапазонов НЧ и СЧ // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2013. № 9. С. 43-46.
20. Варламов О.В. Разработка требований к приемному оборудованию сетей цифрового радиовещания стандарта DRM // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2013. № 9. С. 39-42.
21. Rec. ITU-R P.1321-5 (07/2015). Propagation Factors Affecting Systems Using Digital Modulation Techniques at LF and MF.
22. DRM – Digital Radio Mondiale Delivers for all. HFCC 21-25. Cape Town, South Africa. 2016.
23. Material DRM. <http://www.drm.org/russia-drm-in-sw-offers-unique-potential-for-national-coverage>
24. Варламов О.В. Способ организаций глобальной сети цифрового радиовещания в диапазоне ДВ // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. № 5. С. 63-68.
25. Постановление Правительства РФ от 3 декабря 2009 г. № 985 «О федеральной целевой программе «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009-2015 годы».
26. Варламов О.В. Технология создания сети цифрового радиовещания стандарта DRM для Российской Федерации: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.12.04. М., 2017. 36 с.
27. ETSI ES 201 980. Digital Radio Mondial (DRM). System Specification. V3.1.1.
28. ГОСТ 5651-98. Аппаратура радиоприемная бытовая. Общие технические условия.
29. ГОСТ 9783-88. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Методы электрических высокочастотных измерений.
30. Материалы Комиссии РСС по регулированию использования радиочастотного спектра и спутниковых орбит. Док. РГ РВ/06/249. Внедрение цифрового звукового вещания в полосах ниже 30 МГц. Отчет Рабочей группы по радиовещанию от 29.01.2016.
31. Material from the network ITU-R. URL: <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/Pages/iono-tropo-spheric.aspx>

* * *

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF DIGITAL RADIO BROADCASTING CHARACTERISTICS IN DRM FORMAT IN THE WORLD

Y. Kovalgin¹, V. Santos¹

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

Article info:

Article in Russian

For citation: Kovalgin Y., Santos V. Results of Experimental Research of Digital Radio Broadcasting Characteristics in DRM Format in the World // Proceedings of Telecommunication Universities. 2017. Vol. 3. Iss. 4. PP. 63–69.

Annotation: *The results of experimental radio broadcasting in the DRM format in the world published by the national administrations of the countries in the reports and recommendations of ITU-R, are summarized. On the basis of their analysis, the conditions necessary for comfortable listening to sound programs, as well as the equipment requirements necessary to fulfill this condition are formulated. A list of software recommended for the use in frequency planning of digital broadcasting networks is presented.*

Keywords: *digital broadcasting, DRM format, LF, MF, HF ranges, results of experimental research.*