

ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВОГО ВЕЩАНИЯ DRM: ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫЕ УСЛУГИ ПРИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОДИРОВАНИЯ ЗВУКА

ВЫХОДЕЦ А.А., КОЛЬЦОВА А.С.

*ГП «Украинский научно-исследовательский институт радио и телевидения»,
ул. Бунина, 31, Одесса, 65026, Украина
Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
ул. Кузнечная, 1, Одесса, 65029, Украина
tango@i.ua*

ТЕХНОЛОГІЯ ЦИФРОВОГО МОВЛЕННЯ DRM: НАДАВАНІ ПОСЛУГИ ПРИ УДОСКОНАЛЕННІ КОДУВАННЯ ЗВУКУ

ВИХОДЕЦЬ А.А., КОЛЬЦОВА А.С.

*ГП «Український науково-дослідний інститут радіо і телебачення»,
вул. Буніна, 31, Одеса, 65026, Україна
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
вул. Кузнечна, 1, Одеса, 65029, Україна
tango@i.ua*

DRM DIGITAL BROADCASTING TECHNOLOGY: SERVICES WHILE IMPROVING AUDIO ENCODING

VYKHODETS A.A., KOLTSOVA A.S.

*SE « Ukrainian Scientific Research Institute of Radio and TV»,
Bunin st., 31, Odessa, 65026, Ukraine
O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications,
Kuznechna st., 1, Odessa, 65029, Ukraine
tango@i.ua*

Аннотация. Исследуется ряд показателей, характеризующих вещательную услугу с использованием технологии DRM, при внедрении в рамках указанной технологии универсального метода кодирования звуковых сигналов xHE-AAC.

Анотація. Досліджується ряд показників, що характеризують мовленнєву послугу із використанням технології DRM, при впровадженні в рамках зазначеної технології універсального методу кодування звукових сигналів xHE-AAC.

Abstract. A number of the parameters describing broadcasting service using DRM technology when implementing the universal coding method xHE-AAC within frameworks of this technology is investigated.

ВВЕДЕНИЕ

Технология DRM относится к перспективным для внедрения в соответствии с Планом использования радиочастотного ресурса Украины [1] в диапазонах до 30 МГц. Особенности технологии таковы, что при ее внедрении не требуется изменения частотного планирования, и появляется возможность повышения качества субъективно воспринимаемого звучания музыки и речи. Также разработчиками утверждается, что применение системы позволит значительно увеличить число передаваемых программ в указанных диапазонах. Действительно, разработка системы предполагает передачу до четырех аудиопрограмм в одном цифровом потоке [2], однако при практической реализации системы значительного увеличения количества программ не произошло. Это объясняется тем, что из-за весьма небольшой доступной ширины полосы канала передачи цифровой поток звуковых данных (аудиоданных) не может иметь высокую скорость по сравнению с технологией звукового вещания DAB. Напомним, что номинальное значение ширины полосы канала ΔF_k составляет 9/10 кГц в НСЧ/ВЧ диапа-

зонах соответственно, также возможно использование удвоенного значения 18/20 кГц. Возможные значения скорости цифрового потока при различных вариантах использования спектра и уровня защиты цифрового сигнала приведены в стандарте на систему ETSI ES 201 980 v 4.1.1, Annex H [2]. Минимальное возможное значение скорости составляет 4,8 кбит/с, максимальное возможное значение составляет 72 кбит/с.

Ограничение по доступной скорости передачи поставило вещателей перед выбором: или передавать несколько программ, или передавать одну, но с высоким стереофоническим качеством.

Вещание с использованием технологии DRM ведется уже на протяжении более 10 лет ведущими мировыми вещательными компаниями. При анализе характеристик работающих станций DRM вещания в мире по данным официального сайта DRM консорциума подтверждалось, что преобладали варианты передачи в одном канале одной стереофонической аудиопрограммы с разнообразным контентом.

Повысить привлекательность диапазонов до 30 МГц для коммерческого вещания можно путем увеличения числа передаваемых программ, повышения их качества до уровня, обеспечиваемого в ОВЧ-ЧМ (FM) вещании, передачи дополнительной информации, представляющей интерес для радиослушателей. В качестве основного пути достижения этой цели рассматривается использование новейших разработок сжатия звуковых сигналов, что можно проследить по характеру эволюции системы DRM. Первая версия стандарта на систему DRM, опубликованная в 2001 г. [3], предполагала варианты кодирования источника звука MPEG-4 AAC, AAC + SBR (также известный как HE-AAC) в случае передачи так называемого General Audio – звуковых сигналов разного характера, в том числе сложных музыкальных, как в моно-, так и в стереоформате, либо MPEG-4 CELP и MPEG-4 HVXC для кодирования речи. Версия стандарта, опубликованная в 2004 г. [4], для кодирования звуковых сигналов уже включала дополнительную технологию кодирования стереосигналов PS (Parametric Stereo), позволяющую использовать меньшую скорость цифрового потока при стереопередаче. Напомним, что метод кодирования, предполагающий совместное использование кодеров AAC, SBR и PS получил обозначение HE-AAC v2. Вышедшая в 2009 версия стандарта v 3.1.1 [5] включала в дополнение ко всем вышеперечисленным технологиям кодирования звуковых сигналов еще и технологию многоканального кодирования MPEG Surround. Последняя версия стандарта от 2014 г. [2] предусматривает использование методов кодирования HE-AAC v2, а также Extended HE-AAC или xHE-AAC, разработанного для кодирования речи, музыки или их сочетания с обеспечением высокого субъективно воспринимаемого качества звучания при очень малых скоростях [6]. Для кодирования многоканального звука может быть использован кодер MPEG Surround (MPS). При этом в соответствии с новой версией стандарта уже не используются методы кодирования речи CELP и HVXC.

Рассмотрим, что повлечет за собой для вещателя и слушателя использование нового аудиокодека. Несколько ключевых параметров вызывают интерес в первую очередь.

1 КОЛИЧЕСТВО ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ УСЛУГ

При рассмотрении последней версии стандарта отметим, что заявленное максимальное количество услуг не изменилось по сравнению с предыдущей версией: их возможное сочетание является одним из так называемых «параметров радиоканала», передаваемых в канале быстрого доступа FAC (Fast Access Channel) системы DRM, и кодируется четырьмя битами [2]:

- 0000: 4 аудиопрограммы
- 0001: 1 услуга передачи данных
- 0010: 2 услуги передачи данных
- 0011: 3 услуги передачи данных
- 0100: 1 аудиопрограмма

0101: 1 аудиопрограмма и 1 услуга передачи данных
0110: 1 аудиопрограмма и 2 услуги передачи данных
0111: 1 аудиопрограмма и 3 услуги передачи данных
1000: 2 аудиопрограммы
1001: 2 аудиопрограммы и 1 услуга передачи данных
1010: 2 аудиопрограммы и 2 услуги передачи данных
1100: 3 аудиопрограммы
1101: 3 аудиопрограммы и 1 услуга передачи данных
1111: 4 услуги передачи данных

2 КАЧЕСТВО ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ УСЛУГ И ИХ ВИДЫ

Аудиопрограммы: Новый кодек хHE-AAC обеспечивает уже при скорости передачи 6 кбит/с хорошее качество передачи и речевого, и музыкального сигнала [6 – 8]. При использовании хHE-AAC даже в очень узкой полосе канала 4,5 кГц удается достичь гораздо лучшего качества звучания, чем при аналоговом АМ вещании. Использование кодека хHE-AAC позволяет организовать передачу стерео программ даже в очень неблагоприятных условиях распространения радиосигналов при международном вещании в ВЧ диапазоне, когда используются соответствующие режимы передачи с высокой степенью защиты сигнала от возможных искажений; а также организовать вещание нескольких аудиопрограмм с дополнительными услугами в одном канале в диапазоне СЧ.

Сравнение обеспечиваемого качества звучания при использовании кодека хHE-AAC с качеством, обеспечиваемым предшествующими аудиокодеками в системе DRM, показаны на графиках рис. 1 [6].

Как видим из рис. 1, с увеличением скорости цифрового потока различия в оценках субъективного качества звучания, обеспечиваемого рассмотренными кодеками, практически отсутствуют. Поэтому, кодек хHE-AAC рекомендуется использовать при малых значениях скорости цифрового потока аудиоданных (до 32 кбит/с) [6, 8].

Услуги передачи данных: Система DRM предусматривает ряд приложений передачи данных [9]. Они могут варьироваться от простой услуги передачи текста с низкой скоростью до более сложных видов мультимедийных услуг, например, передачи неподвижных изображений, хотя относительно низкая скорость передачи в системе будет ограничивать количество передаваемых данных и частоту обновления. На практике такая служба будет занимать от 2 до 4 кбайт/с ёмкости основного служебного канала MSC (Main Service Channel) [10]. Среди подобных услуг можно выделить следующие:

Данные описания программы: название, тип и язык программы, а также страна происхождения.

Текстовые сообщения: DRM предоставляет возможность вещателям подавать последовательность коротких текстовых сообщений, которые могут содержать информацию о проигрываемой композиции и исполнителе, текущей программе, строку новостей и т.д.

Служба текстовой информации Journaline: служба новостей, позволяющая пользователю на его выбор получать информацию о последних событиях, результатах спортивных состязаний или информацию о дорожном движении в интересующем регионе.

Электронная программа передач (EPG): содержание программы передач, отображаемое на дисплее приемника и позволяющее пользователю осуществить выбор программы по времени, названию, жанру и т.д.

Графическая информация: может передаваться в режиме слайд-шоу в форматах PNG или JPG, воспроизводимого DRM радиоприемником с графическим дисплеем и достаточным объемом памяти.

Информация о дорожном движении (TPEG/TMC): для передачи информации о дорож-

ном движении предусмотрен канал передачи сообщений о состоянии дорожного движения ТМС (Traffic Message Channel) либо использование более современной технологии передачи информации о дорожной обстановке TPEG (Transport Protocol Experts Group).

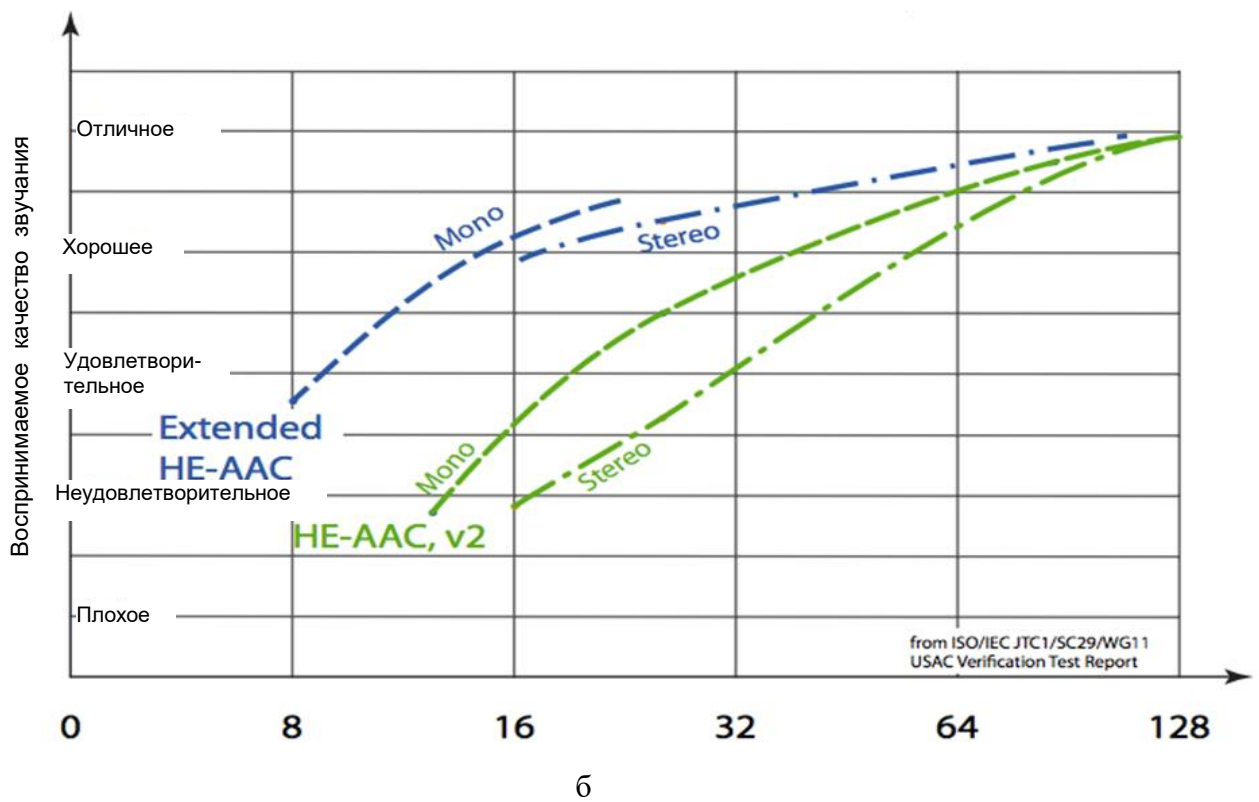
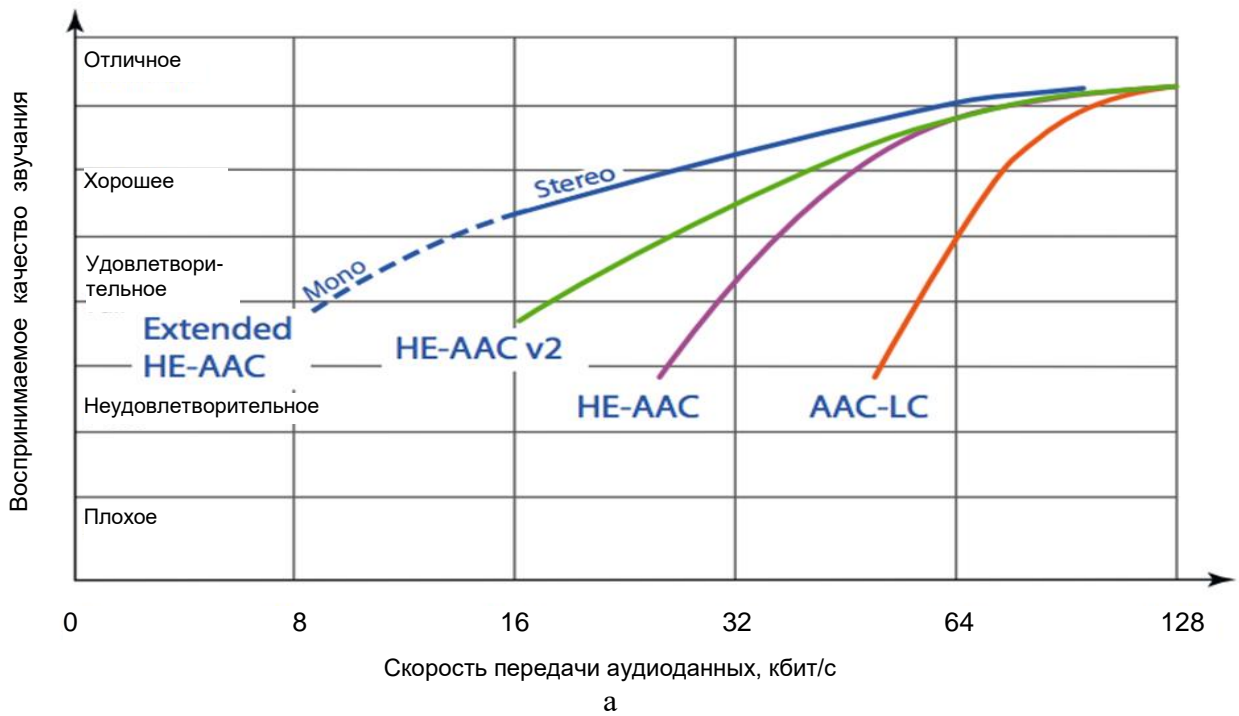


Рисунок 1 – Субъективная оценка воспринимаемого качества звучания:
а) музыкальных сигналов; б) речевых сигналов

Служба аварийного оповещения (EWF): с использованием EWF (Emergency Warning Functionality) в системе DRM организована доставка сообщений оповещения и предупрежде-

ния о чрезвычайных ситуациях для максимально широкой аудитории достаточно быстро и надежно. В случае передачи таких сообщений DRM приемник автоматически переключается на воспроизведение сообщений предупреждения, даже если в текущий момент времени прослушивается другая программа. Учитывая актуальность вопроса надежной доставки сообщений о чрезвычайных ситуациях, наличие службы EWF является еще одним пунктом в списке преимуществ DRM технологии.

3 ВОЗМОЖНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕЩАНИЯ НА МЕЖДУНАРОДНОМ, НАЦИОНАЛЬНОМ И ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ

Технология DRM преимущественно рассматривается как технология «глобального вещания» благодаря возможности покрытия больших территорий при использовании НСЧ диапазонов, а также реализации международного вещания при использовании ВЧ диапазона. Однако больший коммерческий интерес в настоящее время вызывает локальное вещание [11]. В связи с этим следует отметить, что DRM также рекомендована для локального вещания в диапазоне 26 МГц. Преимуществом диапазона 26 МГц по сравнению с НСЧ диапазонами является более низкий уровень промышленного шума, что позволяет снизить требуемое значение минимальной используемой напряженности поля. Кроме того, при локальном вещании используются передатчики небольшой мощности, и зона обслуживания может находиться в пределах прямой видимости [11].

4 ПАРАМЕТРЫ ПЛАНИРОВАНИЯ СЕТИ ВЕЩАНИЯ

В стандарте приведены необходимые значения защитных отношений по радиочастоте и требуемого отношения сигнал/шум (с/ш) для достижения BER = 10⁻⁴ при различных вариантах использования спектра. Эти значения не изменились по сравнению с предыдущей версией стандарта, и дублируют значения параметров планирования сетей звуковой вещательной службы с использованием технологии DRM, приведенные в Рекомендации МСЭ-Р 1615 [12]. Уровни защиты цифрового сигнала и соответствующие им сочетания параметров канального кодирования и модуляции после введения нового метода кодирования звука остались прежними [2].

Итак, как позволяет применение нового метода кодирования звука дать некоторое преимущество вещателям? Рассмотрим на примере. Если нужно передать стереопрограмму с качеством, субъективно оцениваемым как хорошее, с использованием кодека HE-AAC, то скорость цифрового потока должна быть не менее 48 кбит/с (рис. 1). Воспользовавшись приложением J стандарта [2], содержащим таблицы с указанием числа входных бит, используемых для формирования кадра передачи при использовании различных сочетаний параметров канального кодирования, модуляции и вариантов использования спектра, можем оценить требуемую полосу частот канала для передачи подобной аудиопрограммы. Количество бит L , используемых для формирования кадра передачи, определим как:

$L = v_{к.и} \times T_f$, где $v_{к.и}$ – скорость цифрового потока на выходе кодера источника;

T_f – длительность кадра передачи, в соответствии со стандартом ее значение составляет 400 мс.

С учётом значения $v_{к.и}$ подсчитаем, что для формирования кадра передачи должно использоваться не менее 19200 бит. Предположим, что передача сигнала происходит в средне-

волновом диапазоне с использованием режима помехоустойчивости, а при использовании стандартной модуляции и режима равной защиты от ошибок ЕЕР (что соответствует достаточно большому количеству случаев практического использования). С помощью табл. J.1 стандарта [2], определим, что для передачи одной стереофонической программы с хорошим качеством – не хуже субъективного качества, обеспечиваемого ОВЧ-ЧМ радиостанцией, – ширина полосы канала должна быть не менее 18 кГц. В случае, если частотное планирование не допускает использование радиовещательного канала с таким значением полосы, то в пределах номинального значения полосы канала 9 кГц с приемлемым качеством можно будет организовать передачу только моносигнала.

С использованием кодека хНЕ-ААС субъективное качество, сравнимое с обеспечиваемым при ЧМ вещании, может быть достигнуто уже при скорости передачи данных аудио-программы 28 кбит/с (рис. 1). Путём аналогичного подсчёта определим, что количество бит для формирования кадра передачи должно быть равным $v_{к.и} \times T_f = 28000 \times 400 \times 10^{-3} = 11200$. С помощью той же табл. J.1 [2] определим, что для передачи стереопрограммы можно использовать канал с номинальной шириной полосы 9 кГц.

Помимо выигрыша по используемой полосе частот выигрыш можно получить и по используемой для планирования минимальной напряженности поля E_{\min} . Как известно, этот параметр определяется как сумма значений уровня собственных и внешних шумов на входе приемника и требуемого отношения с/ш. Как отмечалось в [11], при использовании более широкой полосы 18 или 20 кГц увеличивается шумовая полоса приемника, и значение уровня шумов, учитываемое при определении E_{\min} также возрастает. Использование канала меньшей ширины позволяет несколько снизить требуемое значение E_{\min} , а значит, и увеличить площадь зоны покрытия.

Заключение. Применение нового универсального метода кодирования звуковых сигналов, более эффективного при низких скоростях передачи цифрового аудиопотока, в условиях существующего распределения частотных каналов в диапазонах до 30 МГц, конечно, не даст существенного выигрыша в количестве возможных передаваемых аудиопрограмм, как это, например, произошло при внедрении системы DAB+ на базе технологии цифрового вещания DAB. Однако бесспорным преимуществом является то, что вещатель получает бóльшую степень гибкости при выборе соотношения качество звучания/полоса частот канала. Оставаясь в пределах той же ширины полосы частот канала передачи и без потери площади покрытия можно существенно повысить субъективное качество звучания программы, тем самым повышая ее привлекательность для слушателей и рекламодателей.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 План використання радіочастотного ресурсу України, затверджений Постановою КМУ від 9 червня 2006 р. № 815.
- 2 ETSI ES 201 980 V4.1.1 (2014-01). Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification. (Европейский стандарт Всемирное цифровое радио (DRM). Описание системы). – 195 р.
- 3 ETSI TS 101 980 V 1.1.1 (2001-09) DRM System Specification. (Техническая спецификация Всемирное цифровое радио (DRM). Описание системы). – 158 р.
- 5 ETSI EN 201 980 V 2.1.1 (2004-06) DRM System Specification (Европейский стандарт Всемирное цифровое радио (DRM). Описание системы). – 183 р.

- 6 ETSI EN 201 980 V 3.1.1 (2009-06) DRM System Specification. (Европейский стандарт Всемирное цифровое радио (DRM). Описание системы). – 221 p.
- 7 Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS. Technical paper. Extended HE-AAC – bridging the gap between speech and audio coding. – 2013. – 8 p.
- 8 Digital Radio Mondiale – Technische Beschreibung des Systems. German DRM Platform. Stand: 23.06.2016. – 20 p.
- 9 Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS. Application Bulletin. xHE-AAC in Digital Radio Mondiale (DRM). – April 2015. – 15 p.
- 10 Digital Radio Mondiale (DRM). A Broadcaster's Guide. Published and produced: by the DRM Consortium. – May 2012. – 97 p.
- 11 Выходец А. Анализ возможности использования системы DRM в диапазоне 26 МГц / А. Выходец, Д. Маковецко // Матеріали 6-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Технології цифрового мовлення: стратегія впровадження» (DBT-2011). – Одеса, 2011. – С. 271 – 276.
- 12 Recommendation ITU-R BS.1615: "Planning parameters" for digital sound broadcasting at frequencies below 30 MHz".

REFERENCES

- 1 Plan vikoristannya radiochastotnogo resursu Ukraïni, zatverdzenij Postanovoyu KМУ vid 9 chervnya 2006 r. № 815.
- 2 ETSI ES 201 980 V4.1.1 (2014-01). Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification. (Евро-пејский стандарт Всемирное цифровое радио (DRM). Описание системы'). – 195 p.
- 3 ETSI TS 101 980 V 1.1.1 (2001 - 09) DRM System Specification. (Техническая спецификация Всемирное цифровое радио (DRM). Описание системы'). – 158 p.
- 5 ETSI EN 201 980 V 2.1.1 (2004 - 06) DRM System Specification (Европейский стандарт Все-мирное цифровое радио (DRM). Описание системы'). – 183 p.
- 6 ETSI EN 201 980 V 3.1.1 (2009 - 06) DRM System Specification. (Европейский стандарт Все-мирное цифровое радио (DRM). Описание системы'). – 221 p.
- 7 Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS. Technical paper. Extended HE-AAC – bridging the gap between speech and audio coding. – 2013. – 8 p.
- 8 Digital Radio Mondiale – Technische Beschreibung des Systems. German DRM Platform. Stand: 23.06.2016. – 20 p.
- 9 Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS. Application Bulletin. xHE-AAC in Digital Radio Mondiale (DRM). – April 2015. – 15 p.
- 10 Digital Radio Mondiale (DRM). A Broadcaster's Guide. Published and produced: by the DRM Consortium. – May 2012. – 97 p.
- 11 Vy'xodec A. Analiz vozmozhnosti ispol'zovaniya sistemy' DRM v diapazone 26 MGc / A. Vy'-xodec, D. Makoveenko // Materiali 6-i Mizhnarodnoï nauково-technichnoï konferencii [«Технології цифро-вого мовлення: стратегія впровадження» (DBT-2011)]. – Odesa, 2011. – S. 271 – 276.
- 12 Recommendation ITU-R BS.1615: "Planning parameters" for digital sound broadcasting at frequencies below 30 MHz".