

# ОТЧЕТ

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕХОДА ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ В ЦИФРОВОЙ ФОРМАТ

### СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>2</b>
<b>1 ДИАПАЗОНЫ НЧ/СЧ/ВЧ (НИЗКИХ, СРЕДНИХ, ВЫСОКИХ ЧАСТОТ)</b> .....	<b>3</b>
1.1 РЕГИОНАЛЬНОЕ СОГЛАШЕНИЕ GE75 (ЖЕНЕВА-75) И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СТАНДАРТОВ. ....	3
1.2 ОБЗОР СТАНДАРТА DRM. ....	4
1.3 ОБЗОР СТАНДАРТА IBOS. ....	6
<b>2 ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНДАРТА T-DAB.</b> .....	<b>7</b>
2.1 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СТАНДАРТА T-DAB. ....	7
2.2 ЧАСТОТНЫЕ ПОЛОСЫ, ВЫДЕЛЕННЫЕ ДЛЯ T-DAB. ....	8
2.3 ДАЛЬНЕЙШЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАНДАРТА T-DAB И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УКРАИНЕ. ....	9
<b>3 БУДУЩЕЕ ОВЧ-ЧМ ДИАПАЗОНА</b> .....	<b>9</b>
3.1 СОГЛАШЕНИЕ GE84 (ЖЕНЕВА-84) И КРИТЕРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ FM ВЕЩАНИЯ В РАЙОНЕ 1.....	9
3.2 ОПИСАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СТАНДАРТА DRM+.....	10
3.3 ОБЗОР СТАНДАРТА HD RADIO И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЕВРОПЕ. ....	11
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	<b>13</b>

вед. инженер ГП УНИИРТ

Маковеевко Д.А.

**2008-12**

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время цифровые технологии достаточно широко используются во всех сферах человеческой деятельности.

Среди беспроводных технологий уже давно «оцифрована» сотовая, спутниковая связь, широкополосный радиодоступ. Однако наименее всего переход на цифровые технологии коснулся наземного вещания.

В 2006 году в Женеве был дан старт для внедрения цифрового наземного телевидения в 104 странах мира, а также определен срок окончательного перехода с аналогового на цифровой стандарт – 2015 год.

На первый взгляд цифровизация в звуковом вещании на данный момент происходит достаточно хаотично. В некоторых странах используется стандарт T-DAB и планируются к использованию его модификации T-DAB+, T-DMB. Часть стран использует стандарт DRM в полосах средних и коротких частот. Однако наибольший интерес представляет судьба диапазона 87,5-108 МГц. В данной полосе частот, в некоторых странах уже утвержден новый стандарт, в некоторых идет активная работа по разработке и тестированию других стандартов.

В соответствии с Регламентом Радиосвязи [1] мир разделен на 3 Района: Район I – включает территории Европы, Африки, страны СНГ и Монголию, Район II – включает территории Северной, Южной Америки и Гренландии, Район III – включает территории Азии и Австралии (рисунок 1)

В данном отчете показано, что внедрение тех или иных вещательных технологий должно рассматриваться при соблюдении существующих и будущих Региональных Соглашений принятых в Европейской зоне вещания и Районе 1, а также согласованных критериях планирования и защиты от помех для систем звукового вещания.

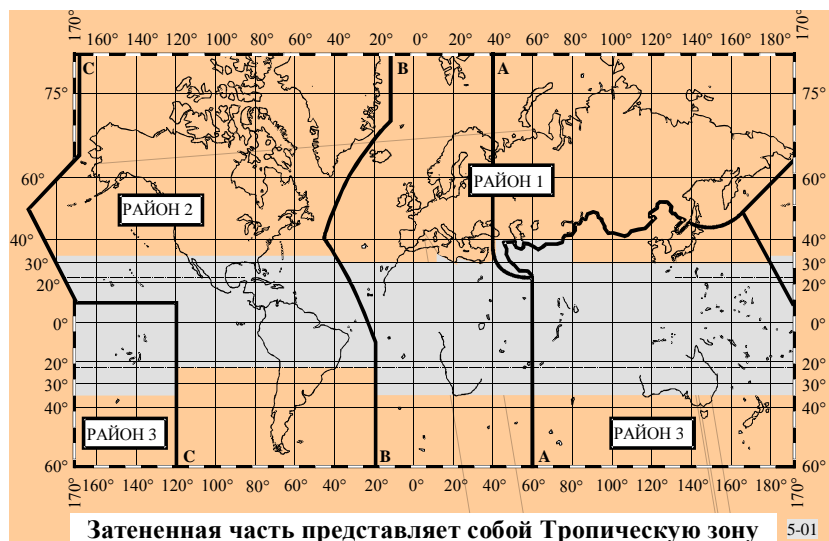


Рисунок 1 – Разделение мира на Районы в целях распределения частот

## 1 ДИАПАЗОНЫ НЧ/СЧ/ВЧ (НИЗКИХ, СРЕДНИХ, ВЫСОКИХ ЧАСТОТ).

1.1 Региональное Соглашение GE75 (Женева-75) и возможность его использования для цифровых стандартов.

В соответствии с Планом использования РЧР Украины [2] аналоговое звуковое вещание в полосах НЧ/СЧ/ВЧ используется для следующих частот (таблица 1). В соответствии с [2], все полосы частот, используемые для АМ вещания, смогут использоваться для стандарта DRM.

Таблица 1 – Полосы частот для аналогового звукового вещания в полосах НЧ/СЧ/ВЧ

Аналоговое звуковое вещание	Выделенные полосы частот
НЧ	148,5 – 283,5 кГц
СЧ	526,5 – 1606,5 кГц
ВЧ	2300-2498 кГц, 3200-3230 кГц, 3950-4000 кГц, 4750-4850 кГц, 5005-5060 кГц, 5950-6200 кГц, 7100-7200 кГц, 7400-7450 кГц, 9400-9900 кГц, 11600-12100 кГц, 13570-13870 кГц, 15100-15800 кГц, 17550-17900 кГц, 18900-19020 кГц, 21450-21850 кГц, 25670-26100 кГц

Критерии планирования аналогового звукового вещания в диапазоне низких и средних частот в Районе 1 и части Района 3 определяются в соответствии с Региональным Соглашением GE75 [3].

В этих полосах частот передатчики работают с использованием амплитудной модуляции (АМ). Разнос между несущими передатчиков принят 9 кГц, при этом номиналы несущих частот установлены кратными 9 кГц. Необходимая ширина полосы выбирается Администрацией связи исходя из потребностей и с согласованием с затронутыми Администрациями в пределах от 9 до 20 кГц.

Резолюция 8 Соглашения GE75 говорит, «что радиовещательные станции могут предварительно применять методы модуляции, экономно использующие полосу частот, при условии, что помехи в одном или соседних каналах не превышают помех, создаваемых во время применения двухполосной модуляции с неподавленной несущей». После рассмотрения результатов соответствующих исследований Радиорегламентарный Комитет МСЭ (Международного Союза электросвязи) принял Правило процедуры, позволяющее использовать частотные присвоения для АМ радиовещания в Плане для передач сигналов с цифровой модуляцией (излучения типа DRM A2 или B2), при условии, что излучение понижено, как минимум, на 7 дБ во всех направлениях, по сравнению с АМ излучением планового частотного присвоения. Таким образом, ширина полосы, занимаемого одним каналом, использующим цифровую модуляцию, не должна превышать 9 кГц (см. таблицу 2).

Это Правило процедуры является предварительным до того времени, пока оно не будет подтверждено компетентной конференцией, имеющей мандат на решения вопросов такого характера.

В отчете ЕСС [5] отмечается необходимость проведения новой конференции по пересмотру Соглашения GE75. Однако такая Конференция может пройти не раньше чем через 3-4 года.

## 1.2 Обзор стандарта DRM.

Вследствие распространения радиоволн на средних и высоких частотах в точку приема приходит несколько сигналов. Учитывая, что эти сигналы проходят различный путь и имеют, в общем случае различные фазы, происходит значительное колебание уровня принимаемого сигнала, происходящее по случайному закону (замирание). Эту проблему можно решить в системах, использующих АМ, только значительным увеличением мощности передаваемого сигнала.

В цифровых системах связи, используется ортогональное частотное разделение (OFDM). Основная идея такого разделения заключается в делении имеющейся ширины полосы канала на ряд подканалов. Общий временной интервал каждого подканала  $T_s$  состоит из эффективного интервала символа  $T_u$  и защитного интервала  $T_g$ . Если запаздывание в распространении радиоволн по каналу радиосвязи меньше, чем защитный интервал  $T_g$ , то в месте приема происходит выравнивание фаз принимаемых сигналов, за счет ортогональности принятых сигналов.

В 1998 году для разработки новой цифровой системы в полосах НЧ/СЧ/ВЧ был создан DRM консорциум, в который вошли 29 стран мира. Результатом работы этого консорциума было создание системы DRM (Digital Radio Mondiale), первые передачи которой начались в 2003 году.

Система DRM, использующая позволяет варьировать значение защитного интервала, добиваясь таким образом компромисса между пропускной способностью передачи информации и защищенности сигнала от «замирания». Варианты организации стандарта DRM представлены в таблице 2. Использование защитных интервалов также позволяет более эффективно использовать частотный ресурс, организовав синхронный режим вещания в системе DRM

Таблица 2 – Параметры DRM

Параметр	Используемый режим			
	A	B	C	D
$T_u$ (мс)	24	211/3	142/3	91/3
$T_g$ (мс)	22/3	51/3	51/3	71/3
$T_g/T_u$	1/9	1/4	4/11	11/14
$T_s = T_u + T_g$ (мс)	262/3	262/3	20	162/3

Использование того или иного режима зависит от конкретных условий распространения. Так режим А используется только для земных волн, с минимальными замираниями, а режим D используется для многоскачковых ионосферных трасс, с сильными замираниями сигнала.

Использование полосы частот для DRM представлено в таблице 3

Таблица 3 - Типы использования полосы в системе DRM

Используемый режим	Типы использования полосы (Номинальная ширина)			
	0 (4.5 кГц)	1 (5 кГц)	2 (9 кГц)	3 (10 кГц)
A	4.208	4.708	8.542	9.542
B	4.266	4.828	8.578	9.703
C	–	–	–	9.477
D	–	–	–	9.536

Возможные режимы 18 и 20 кГц пока не нашли практического применения. Стандарт DRM использует 6 режимов иерархической модуляции, позволяя получать оптимальную помехоустойчивость и зону покрытия при необходимой пропускной способности [4]

Сравнение зоны охвата системы DRM и АМ, в условиях сложной помеховой обстановки представлено на рисунке 2.

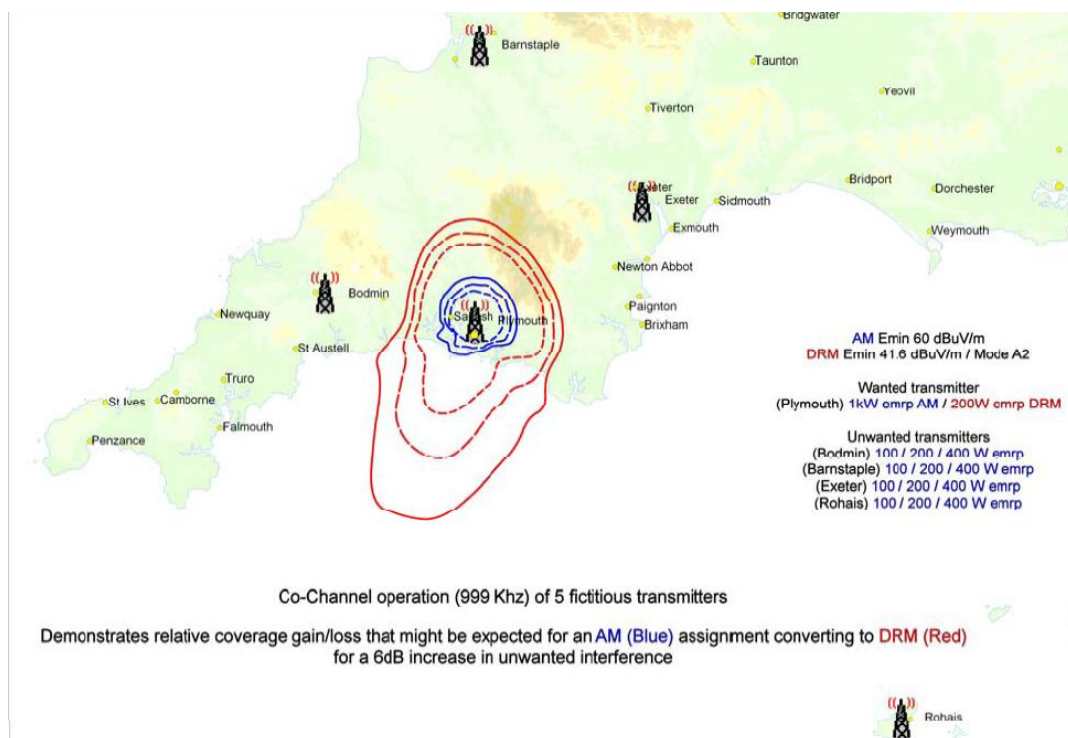


Рисунок 2 - Сравнение зоны охвата системы DRM и АМ

Как видно из рисунка даже при уменьшении мощности цифрового передатчика на 7 дБ (в 5 раз) зона покрытия цифрового сигнала значительно превышает зону для аналогового сигнала.

Требуемое значение минимальной напряженности поля в месте приема для цифрового сигнала в среднем меньше на 10-20 дБ (в зависимости от схемы используемой модуляции), что позволяет снижать мощность передатчика в 5-10 раз без потери зоны уверенного приема.

### 1.3 Обзор стандарта ИВОС.

Система ИВОС, разработанная в США предполагает работу как в гибридном так и в цифровом режиме. В гибридном режиме предполагается передача аналогового и цифрового сигнала одновременно (рисунок 3).

Для получения наилучшего качества приема звуковая информация разделяется на два потока: базовый (core) и улучшенный (enhanced). Занимаемая полоса частот в этом случае составляет 30 кГц. Эффективное кодирование каждой из четырех передаваемых частей позволяет сохранить работоспособность независимо от остальных частей. Это позволяет работать системе даже при достаточно сильных помехах. Также как и в системе DRM система ИВОС использует модуляцию OFDM.

Применение полностью цифрового режима дает возможность существенно улучшить характеристики работы системы. Удаление аналогового сигнала позволяет увеличить мощность в полностью цифровом сигнале повышает помехоустойчивость сигнала. Общая скорость в канале может достигать 36 кбит/с. Занимаемая полоса частот в цифровом режиме составляет 20 кГц. Учитывая, что система ИВОС разработана в США, параметры её излучаемого сигнала не соответствуют Соглашению GE75, поэтому ни гибридный, ни цифровой вариант не могут применяться в Районе 1.

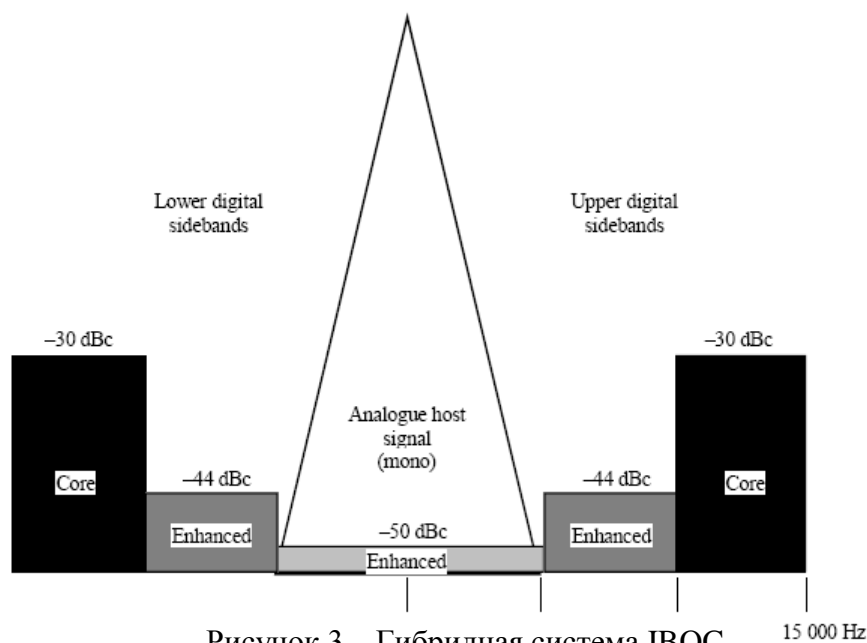


Рисунок 3 – Гибридная система ИВОС

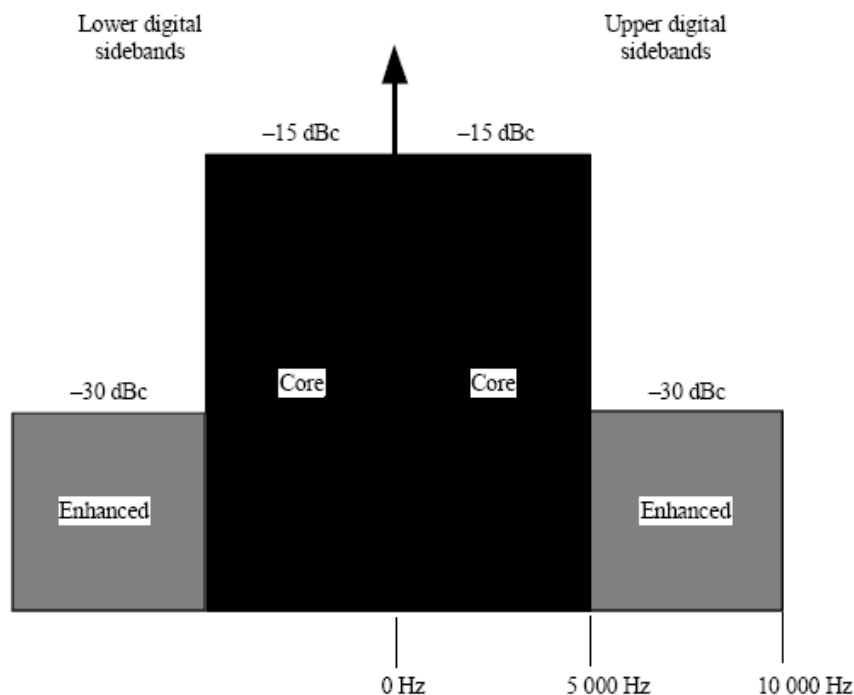


Рисунок 4 – Гибридная система ИВОС

## 2 ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНДАРТА T-DAB.

### 2.1 Краткое описание стандарта T-DAB.

Цифровая система T-DAB, утвержденная в 1995 году стала одной из первых систем использующих метод модуляции OFDM. Ширина канала данной системы составляет 1,54 МГц. В зависимости от метода помехоустойчивого кодирования, скорость передачи полезной информации в канале составляет от 0,8 до 1,7 Мбит/с [6]. Система T-DAB использует, устаревший на данный момент, формат кодирования MPEG-Audio Layer II. Это позволяет передать, в одном частотном канале, только 6 программ в качестве, необходимом для стереофонического звучания.

В системе T-DAB используется четыре различных режима длительности защитного интервала, что позволяет строить синхронные сети различной конфигурации. Максимальная длительность защитного интервала составляет 224 мкс, что соответствует допустимому расстоянию между передатчиками 67 км. Типовая конфигурация планирования в системе T-DAB представлена на рисунке 5. Основные технические параметры планирования T-DAB представлены

в таблице 4. Данные параметры не являются обязательными, а лишь представляют один из вариантов местоположения и параметров излучения передающих устройств в зоне выделения.

В тех странах, где пока не внедрен стандарт T-DAB, при переходе на цифровое звуковое вещание в полосах частот, выделенных для технологии T-DAB, целесообразно использовать системы, использующие более современные стандарты кодирования информации, такие как T-DAB+ или T-DMB (см. пункт 2.3).

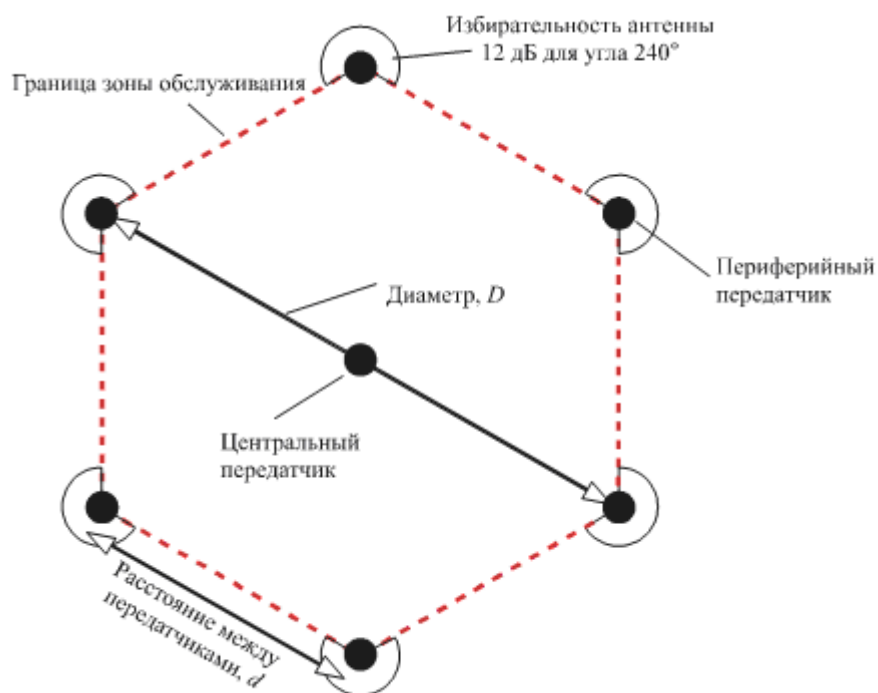


Рисунок 5 - Геометрия эталонной сети для T-DAB

Таблица 4 - Параметры эталонной сети для T-DAB (в диапазоне 174-230 МГц)

ЭКП	ЭКП 4	ЭКП 5
Тип приема	Подвижный	На портативное оборудование внутри помещения
Тип сети	Закрытый	Закрытый
Геометрия зоны обслуживания	Шестиугольник	Шестиугольник
Число передатчиков	7	7
Геометрия решетки передатчиков	Шестиугольник	Шестиугольник
Расстояние между передатчиками, $d$ (км)	60	60
Диаметр зоны обслуживания, $D$ (км)	120	120
Высота антенны Тх (м)	150	150
Диаграмма направленности периферийного Тх	Направленная, снижение на 12 дБ для угла 240°	Направленная, снижение на 12 дБ для угла 240°
Диаграмма направленности центрального Тх	Ненаправленная	Ненаправленная
э.и.м. периферийного Тх (дБВт)	30,0	39,0
э.и.м. центрального Тх (дБВт)	20,0	29,0
Вероятность охвата мест приема	99%	95%
Эталонное значение $C/N$ (дБ)	15	15
Эталонное значение $(E_{med})_{ref}$ (дБ(мкВ/м)) при $f_r = 200$ МГц	60	66
Эквивалентная излучаемая мощность (э.и.м.) дана для 200 МГц; для других частот ( $f$ в МГц) добавляемый поправочный коэффициент частот равен: $30 \log_{10}(f/200)$ для ЭКП 4 и ЭКП 5.		

## 2.2 Частотные полосы, выделенные для T-DAB.

В соответствии с Планом использования РЧР Украины [2] цифровое звуковое вещание стандарта T-DAB должно использоваться для частот 174-230 МГц и 1452-1479,5 МГц. Однако полоса 174-230 МГц на данный момент занята системой наземного аналогового телевидения, и работа системы T-DAB в этом диапазоне будет возможна только после 2015 года. Полоса частот 1452-1479,5 МГц является ограниченной для использования системой T-DAB из-за наличия в этом диапазоне средств воздушной подвижной службы. Кроме того, ослабление сигнала вследствие распространения радиоволн в этом диапазоне значительно выше, чем в диапазоне ОВЧ (очень высоких частот), что требует установки дополнительных антенно-мачтовых сооружений и использование более мощных передатчиков для достижения зоны уверенного приема сопоставимой с существующими ОВЧ-ЧМ сетями.

На международном уровне использование частот для системы T-DAB определено следующими Соглашениями:

- Соглашение Женева-06 (GE06) (для стран Района 1 и части Района 3) определяет полосу частот 174-230 МГц. В этом диапазоне для Украины выделено 129 частотных блоков T-DAB (по 1,75 МГц), что составляет по 1-3 частотных канала в каждой зоне;

- Соглашение Висбаден 95, пересмотренное в Констанце 2007 (WI95revCO07) определяет полосы частот 47–68, 87,5–108, 174–230, 230–240, МГц (для стран СЕРТ). В диапазоне 230-240 Украины выделено 25 частотных блоков T-DAB (по 1,75 МГц);

- Соглашение Маастрихт 2002, пересмотренное в Констанце 2007 (MA02revCO07) определяет полосу частот 1452–1479,5 МГц (для стран СЕРТ). В диапазоне 1452-1479,5 Украины выделено 58 частотных блоков T-DAB (по 1,75 МГц).



2.3 Дальнейшее совершенствование стандарта T-DAB и перспективы его использования в Украине.

В 2006 году был разработан новый кодер сжатия информации AAC+. Первые тесты усовершенствованной системы T-DAB+, которая использовала новый кодер, были проведены в начале 2007 года. Первая коммерческая сеть была запущена в 2008 году в Мальте. Усовершенствованный кодер AAC+ позволяет передавать до 20 аудио программ в стандартной полосе T-DAB. Ожидается, что в Европе, приемники T-DAB+ будут устанавливаться в автомобили уже к 2012 году [7].

Система T-DMB, разработанная в Южной Корее является продолжением базового стандарта Eureka-147 DAB и позволяет передавать в одном стандартном канале 1,75 МГц телевидение, радио и данные (таблица 5).

Таблица 5 – Основные параметры T-DMB

Параметр	T-DMB
Полосы частот	174-230 1452-1492
Ширина канала (МГц)	1.712
Количество несущих	2k, 1k, 0.5k, 0.25k
Защитный интервал (мкс)	246, 123, 62, 31
Теоретическая скорость данных	1.06 – 2.3 Мбит/сек

Система T-DMB основана на модуляции OFDM и позволяет адаптироваться под особенности радиоканала и стоять различные конфигурации синхронных сетей. На данный момент в Корее продано более 2 млн. приемников T-DMB. Данный стандарт активно тестируется во многих странах Европы и на данный момент является наиболее перспективным.

### 3 БУДУЩЕЕ ОВЧ-ЧМ ДИАПАЗОНА.

#### 3.1 Соглашение GE84 (Женева-84) и критерии планирования FM вещания в Районе 1.

Соглашение GE84 определяет параметры планирования радиовещательной службы в полосе 87,5-108 МГц.

Требования по растру канала для соглашения GE84 определено в стандарте ETSI EN 302 018. Растр канала для стран США и других стран Региона 2 определен в Федеральной комиссией по связи США. Различие

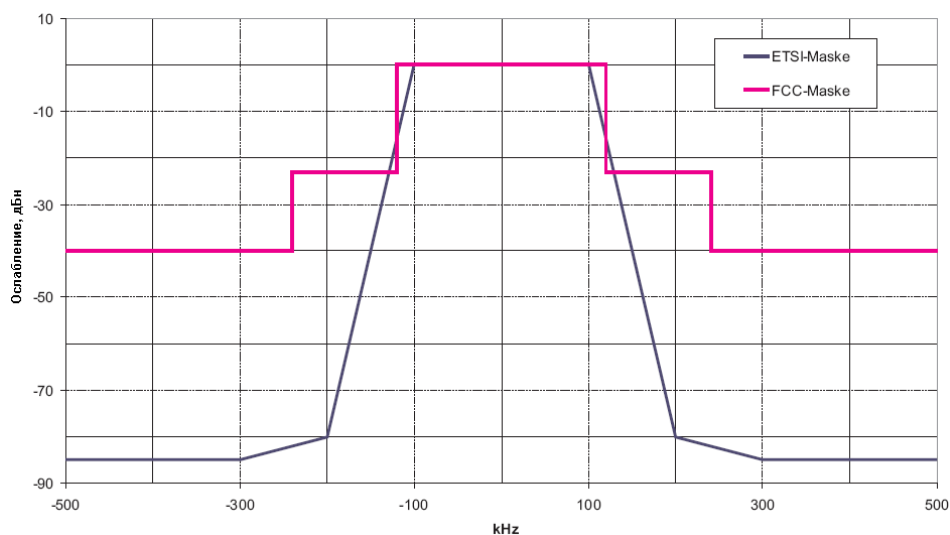


Рисунок 6 – Различие спектральных масок FM вещания ETSI и FCC

данных растров канала представлено на рисунке 6.

На данный момент положения Соглашения GE84 не пересмотрены и все новые цифровые/гибридные системы в диапазоне FM вещания, в Районе 1, должны соответствовать требованиям этого Соглашения.

Кроме того, группа FM 45 СЕРТ подготовила предварительный отчет [2] в котором определяет кандидатные технологии в полосе 87,5-108 МГц и отмечает несоответствие стандарта HD Radio европейскому растру канала для FM вещания.

МСЭ определяет следующие требования для ввода цифрового вещания в диапазоне 87,5-108 МГц:

- Сегментация полосы;
- Процедура перехода от аналога к цифре для Соглашения GE84 – аналогично уже разработанным процедурам для Соглашения GE75;
- Установление менее жестких параметров планирования ЧМ.

Учитывая это, на данный момент, не представляется целесообразным введение каких-либо новых технологий в полосе 87,5-108 МГц.

### 3.2 Описание и перспективы стандарта DRM+.

С марта 2005 года началась разработка стандарта DRM для диапазонов 47-68, 66–74, 87,5-108 МГц, который получил название DRM+. DRM+ предполагает высококачественную передачу звукового сигнала, используя современный кодер MPEG4 HE AAC+ и передачу данных.

Ширина канала системы составляет 100 кГц, что полностью соответствует европейской маске для FM вещания (рисунок 7).

Параметры системы позволяют гибко подстраиваться под формат вещания (местные, региональные станции), строить синхронные сети различных конфигураций, работать в условиях сложной помеховой обстановки.

Основные технические параметры системы представлены в таблице 6.

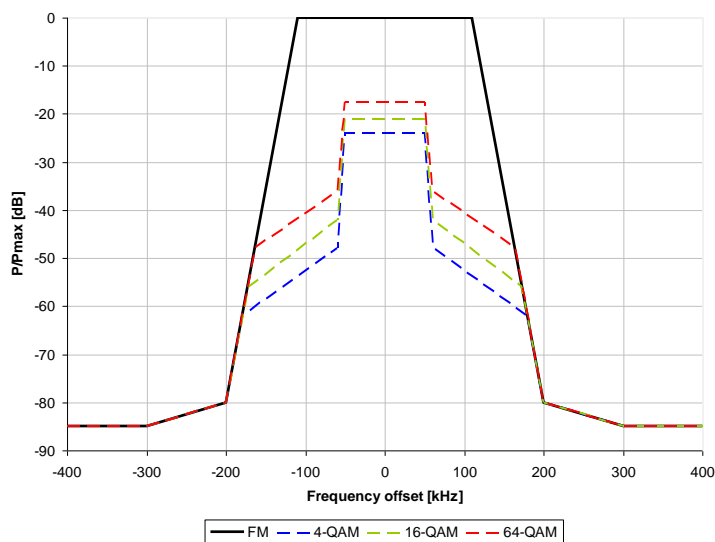


Рисунок 7 – Маска спектра DRM+

Таблица 6 – Технические параметры DRM+

Схема модуляции	4-QAM	16-QAM	64-QAM
Требуемое значение C/N	15 дБ	25 дБ	33 дБ
Полоса частот	100 кГц	100 кГц	100 кГц
Расстояние между несущими	375 Гц	750 Гц	1500 Гц
Количество несущих	266	132	66
Максимальная скорость приемника	300 км/ч		200 км/ч
Метод кодирования	MPEG-4 AAC HE		
Защитный интервал	1/4	1/8	1/16
Длительность OFDM символа	2,833 мс	1,5 мс	0,833 мс
Скорость передачи данных	79,5 кбит/с	149,1 кбит/с	201,8 кбит/с
Число программ в частотном канале	1	2	4

Одним из существенных недостатков данной системы является отсутствие приемных устройств, доступных для массового потребителя.

При этом разработчики системы определили следующие сроки для внедрения данной системы в Европе (таблица 7).

Таблица 7 – Перспективы внедрения стандарта DRM+ в Европе.

Год	Действие относительно системы DRM+
2009	Принятие стандарта ETSI
2010-2012	Принятие Рекомендаций МСЕ относительно критериев планирования ОБЧ-ЧМ vs. DRM+
2011-2012	Появление на рынке приемников, доступных для потребителя
2011-2012	Проведение многосторонней встречи планированию технологии DRM+ в Европе (аналогично Честер-97 по DVB-T)
2015-2018	Пересмотр Соглашения GE-84 по планированию радиовещательной службы в Районе 1 и 3 (аналогично GE-06 по DVB-T и T-DAB) и определение переходного периода

### 3.3 Обзор стандарта HD Radio и возможности его использования в Европе.

Аналогично стандарту IBOC система HD Radio может работать как в гибридном (рисунок 8), так и в полностью цифровом режиме (рисунок 9). Система HD Radio также использует OFDM модуляцию и позволяет строить синхронные сети в полностью цифровом режиме. Однако позволяет меньшую гибкость при выборе схемы модуляции, в отличие от DRM+.

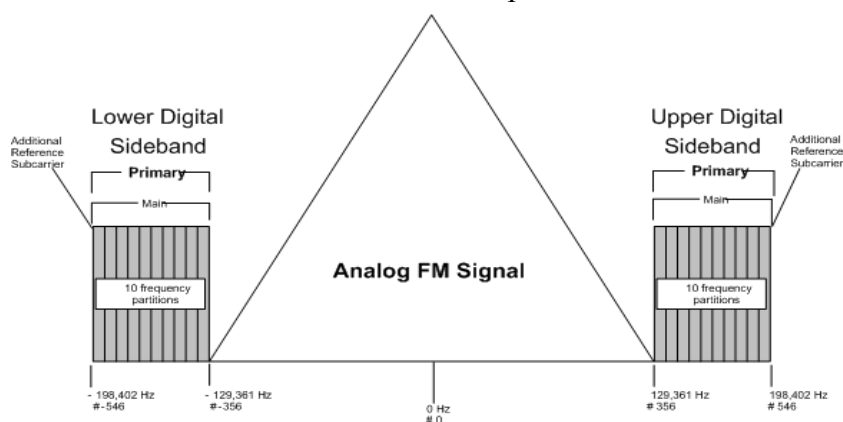


Рисунок 8 – Гибридный режим HD Radio

Основные параметры системы HD Radio представлены в таблице 8

Таблица 8 – Параметры HD Radio

Скорость потока данных	98 кбит/с (max. ~ 156 кбит/с )
Модуляция несущих	QPSK
Модуляция	OFDM
Ширина полосы (цифра)	2x69,04 кГц
Ширина полосы (аналог FM)	2*129 кГц
Общая ширина полосы	400 кГц
Расстояние между несущими	363.373 Гц
Кодировка	R=1/3

Мощность цифровых несущих в гибридном режиме примерно на 22 дБ ниже мощности аналогового сигнала. Вследствие этого зона охвата для цифрового режима примерно в 3 раза меньше, для аналогового режима. На данный момент не определены критерии планирования для

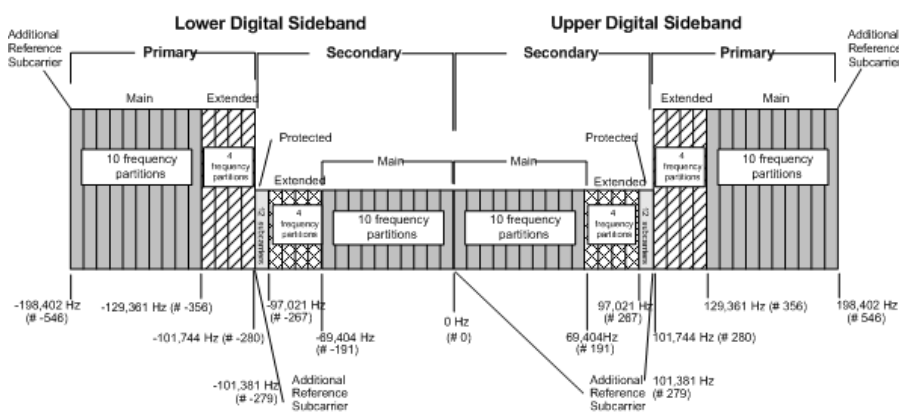


Рисунок 9 – Цифровой режим HD Radio

данного стандарта и его совместимость с аналоговым FM вещанием. Несмотря на то что стандарт HD Radio существует уже на рынке около 10 лет, в США было продано только 300 тысяч таких приемников [7]. Основным недостатком системы HD Radio, то что занимаемая полоса и в гибридном и в цифровом режиме занимает 400 кГц, что не соответствует параметрам излучения для Европейской зоны вещания. При этом развертывание гибридной сети HD Radio не требует дополнительных затрат на инфраструктуру, однако потребуется значительное количество времени для стандартизации и адаптации данной системы в Европе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Регламент радиосвязи. Женева, 2008.
2. План використання радіочастотного ресурсу України. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України 9 червня 2006 р. №815.
3. Final Acts of the Regional Administrative LF/MF Broadcasting Conference (Regions 1 and 3). Geneva, 1975.
4. Report EBU 3330. Technical bases for DRM service coverage planning, 06.2008
5. ECC REPORT 117. MANAGING THE TRANSITION TO DIGITAL SOUND BROADCASTING IN THE LF/MF BANDS, 02. 2008
6. RECOMMENDATION ITU-R BS.1114-6 Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3 000 MHz, 2007.
7. The future of radio, The Swedish Radio and TV Authority, 2008.
8. FM45(08)055 Initial Draft for an ECC Report “Future Possibilities for the Digitalisation of Band II”, 07.2008.