

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ И  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

К защите  
Заведующий кафедрой

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013г.

**Выпускная  
квалификационная работа бакалавра**

на тему: «ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА НАЗЕМНОГО  
ЦИФРОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ».

Выпускник \_\_\_\_\_ **Хамраев Ш.Г.**  
(подпись) (Фамилия)

Консультант \_\_\_\_\_ **Рахимов. Б.Т.**  
(подпись) (Фамилия)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(подпись) (Фамилия)

Консультант по ОТ и ТБ \_\_\_\_\_ **Кадиров Ф.М.**  
(подпись) (фамилия)

Ташкент-2013

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ И  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН

Факультет \_\_\_\_\_ РРТ \_\_\_\_\_ кафедра \_\_\_\_\_ ТВ и РВ \_\_\_\_\_  
Направление \_\_\_\_\_ РРТ \_\_\_ - 5522100 \_\_\_\_\_

У Т В Е Р Ж Д А Ю

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

<<\_\_\_\_>> \_\_\_\_\_ 2013 г.

**З А Д А Н И Е**

на выпускную квалификационную работу студента

**Хамраева Шохруха Гайрат угли**

(фамилия, имя, отчество)

на тему Выбор оптимального варианта наземного

цифрового радиовещания

Тема утверждена приказом по университету от \_\_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_.

1. Срок сдачи законченной работы 01.06.13 г.
3. Исходные данные к работе: Системы цифровых радиовещаний DAB,DRM, HD-Radio
4. Содержание расчётно-пояснительной записки (перечень подлежащих к разработке вопросов) 1. Обзор и анализ систем радиовещания. 2. Сравнительный анализ существующих видов аналоговых и цифровых форматов, используемых в радиовещательных технологиях 3. Выбор оптимального варианта ЦРВ и основные технические требования к системам ЦРВ.
5. Перечень графического материала: 1. Концептуальная блок-схема передающей части системы DRM2. Структурная схема цифрового мультисистемного интерактивного радиоприемника.
6. Дата выдача задания 10.06.13 г.

Руководитель Рахимов. Б.Т. \_\_\_\_\_  
(подпись)

Задание принял \_\_\_\_\_  
(подпись)

7. Консультанты по отдельным разделам выпускной работы

Наименование раздела	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание получил
1. Обзор и анализ систем радиовещание. 2. Сравнительный анализ существующих видов аналоговых и цифровых форматов, используемых в радиовещательных технологиях 3. Выбор оптимального варианта ЦРВ и основные технические требования к системам ЦРВ 4. Безопасность жизнедеятельности.	Рахимов. Б.Т.	25.12.12 г.	25.12.12 г.
	Рахимов. Б.Т.	30.01.13 г.	30.01.13 г.
	Рахимов. Б.Т.	30.02.13 г.	30.02.13 г.
	Қодиров Ф.М.	18.05.10 г.	25.05.13 г.

8. График выполнения работы

№	Наименование раздела	Срок выполнения	Подпись руководителя (консультанта)
	1. Обзор и анализ систем радиовещания. 2. Сравнительный анализ существующих видов аналоговых и цифровых форматов, используемых в радиовещательных технологиях 3. Выбор оптимального варианта ЦРВ и основные технические требования к системам ЦРВ 4. Безопасность жизнедеятельности.	30.01.13 г.	
		30.02.13 г.	
		30.03.13 г.	
		30.04.13 г.	

Выпускник \_\_\_\_\_ << 01 >> 06 2013 г.  
 Подпись

Руководитель \_\_\_\_\_ << 01 >> 06 2016 г.  
 Подпись

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ И  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ**

на выпускную квалификационную работу студента Хамраева Шохруха Гайрат ўғли

на тему «Выбор оптимального варианта наземного  
цифрового радиовещания»

Выпускная квалификационная работа Хамраева Шохруха Гайрат ўғли посвящена выбору оптимального варианта наземного цифрового радиовещания.

Задачей работы является изучить особенности радиовещание, рассмотреть некоторые стандарты ЦРВ.

Замены существующих аналоговых сетей связано как с прогрессом в области цифровых телекоммуникационных технологий, дается возможность слияния средств вещания, связи, информационных служб и компьютерных систем, так и с потребностью в более эффективном использовании радиочастотного спектра. Переход на цифровое радиовещание даёт возможность и в энергопотреблении.

Актуальность выбранной темы заключается в следующем:

- Эффективное использование радиочастотного спектра;
- Повышение качества сигнала;
- Возможность экономить электроэнергию;
- Возможность создания интерактивного радиовещания

В первой главе сделан обзор и анализ систем радиовещание. Во второй главе сделан сравнительный анализ существующих видов аналоговых и цифровых форматов. В третьей главе приведен выбор оптимального варианта ЦРВ и основные технические требования к системам ЦРВ, а также рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности.

Выпускная квалификационная работа Хамраева Ш. Г. выполнена на высоком уровне и несомненно заслуживает отличной оценки, а автору присвоения академической степени бакалавра по направлению образования – «Телевидение, Радиосвязь и радиовещание».

Старший инспектор  
Инспекции по надзору  
в сфере СИТТ города Ташкента

\_\_\_\_\_Рахимов Б.Т

## Р Е Ц Е Н З И Я

на выпускную квалификационную работу студента Хамраева Шохруха Гайрат ўғли  
на тему «Выбор оптимального варианта наземного  
цифрового радиовещания»

Выпускная квалификационная работа Хамраева Шохруха Гайрат ўғли выбору оптимального варианта наземного цифрового радиовещания. В последние годы отрасли телерадиовещания получили очень широкое распространение и внедрились в нашу повседневную жизнь. Данные отрасли рассматривают информацию как ценный ресурс, можно хранить и передавать по каналам. На сегодняшний день в Республике уделяется большое внимание развитию телерадиовещания.

Предлагаемый вариант цифрового радиовещания работает на частотах выше 30 МГц. Цифровое радиовещание **DAB (Eureka 147)** было рекомендовано Международным союзом электросвязи в 1995 году. Система цифрового радиовещания DAB (Digital Audio Broadcasting), или "Цифровая система А" по классификации Европейского Радиовещательного Союза (European Broadcasting Union - EBU), была разработана в рамках международного исследовательского проекта Eureka 147.

Наземная цифровая радиовещательная система DRM имеет ряд возможностей такие как:

- высокая надёжность при мобильном приеме (до 300 км/ч)
- возможность построения SFN;
- звук с MPEG Layer II (192-256 кбит/с для хорошего качества стерео, 128 кбит/с для нормального качества);
- услуги передачи данных;

На основе последующих исследований DRM возродилась как универсальная, открытая, стандартизированная система цифрового радиовещания для всей радиовещательной полосы частот до 174 МГц, включая полосы длинных волн (ДВ), средних волн (СВ), коротких волн (КВ), I и II диапазоны (FM полоса).

А также рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности.

В работе имеются следующий недостаток:

-следовало бы отдельные рисунки исполнить более четко.

Несмотря, на указанный недостаток, выпускная квалификационная работа Хамраева Ш. Г заслуживает оценки *отлично*, а сам автор присвоения академической степени бакалавра по направлению образования- «Телевидение, Радиосвязь и радиовещание».

Начальник отдела РРТ  
Гос. Ком связи, информатизации и  
телекоммуникационных технологий  
Республики Узбекистан, к.т.н, доцент

Камалов Ю.К

## АННОТАЦИЯ

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы о технологиях радиовещание, о сравнение аналоговых и цифровых стандартов радиовещание и о выборе оптимального стандарта цифрового радиовещание. Кроме этого проведен анализ структурной схемы радиоприемника, используемый в цифровой радиовещании.

## АННОТАЦИЯ

Ушбу битирув малакавий ишида радиоэшиттириш технологиялари, радиоэшиттиришнинг рақамли ва аналог стандартлари ва рақамли стандартлардан энг афзали қайсилиги тўғрисида масалалар кўриб чиқилди. Бундан ташқари рақамли радиоэшиттиришда ишлатиладиган қабул қилгич структура схемаси таҳлил қилинди.

## ANNOTATION

In the given final qualifying work consider questions about broadcasting technologies, comparison of analog and digital broadcasting standards and the choice of the optimal standard of digital broadcasting. Besides the analysis of the radio block diagram used in digital broadcasting.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1. ОБЗОР И АНАЛИЗ СИСТЕМ РАДИОВЕЩАНИЕ.....	8
1.1. Построение передающей сети радиовещания.....	8
1.2. Синхронное радиовещание.....	15
1.3. Международные соглашения в области распределения радиочастот..	21
ГЛАВА 2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВИДОВ АНАЛОГОВЫХ И ЦИФРОВЫХ ФОРМАТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ. ....	26
2.1. Аналоговое радиовещание.....	26
2.2. Форматы цифрового радиовещания.....	38
2.2.1 Наземное цифровое радиовещание DAB .....	39
2.2.2 Стандарт HD-Radio.....	39
2.2.3. Система передачи данных в формате DRM.....	40
ГЛАВА 3. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ЦРВ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЕ К СИСТЕМАМ ЦРВ.....	50
3.1 Оптимальный вариант выбор частоты для ЦРВ.....	50
3.2. Общие технические требования.....	57
3.2.1 Модулятор.....	57
3.2.2. Требования к интерфейсам.....	57
3.2.3. Требования электромагнитной совместимости.....	58
3.2.4. Требования к средствам измерений.....	59
3.3. Концептуальная блок-схема передающей части системы DRM.....	61
3.4. Цифровой мультисистемный интерактивный радиоприемник для систем ЦРВ.....	65
ГЛАВА 4. Безопасность жизнедеятельности.....	75
4.1. Основные характеристики ионизирующих излучений.....	75
4.2. Принципы и способы защиты населения в чрезвычайных ситуациях.....	80
Заключение.....	84
Список литературы.....	85

## **ВВЕДЕНИЕ**

В 1991 году после обретения независимости Республики Узбекистан, с решением социально-экономических и структурных задач на повестке дня стоял вопрос о создании Национальной телерадиовещательной сети, которая отражала бы своим контентом богатое историческое прошлое узбекского народа, высокие духовные и материальные ценности, идеи гуманизма, толерантности, становления современной государственности и многое другое.

В течение многих лет в период независимого Узбекистана были внесены огромные изменения в ряду этой сфере. Для развития этой отрасли была принята концепция «Внедрение наземного цифрового телевизионного и звукового вещания в Республике Узбекистан» в 28.02.05.

Концепция решает основные вопросы создания наземных цифровых сетей радиовещательной службы (телевизионного и звукового вещания) в Узбекистане, которые в перспективе заменят существующие аналоговые сети.

В соответствии с постановлением Президента Республики Узбекистан № ПП-1394 от 20 августа 2010 года «О создании Межведомственной рабочей группы по вопросам перехода на цифровое телерадиовещание в Республике Узбекистан», а также в целях обеспечения повышения эффективности использования радиочастотного спектра и планомерного перехода на цифровой формат телевещания 17 апреля 2012 года принято Постановление «О Государственной программе по техническому и технологическому переходу на цифровое телевещание в Республике Узбекистан» [1].

Все эти внимания удаленные главой нашего государство, являются основным толчком для развития телерадиовещание с технической точкой зрения.

В настоящее время телевидение являются неотъемлемой частью нашей жизни. С развитием науки и техники появляется возможность делать более интересные передачи с более высоким качеством. Но на экранах своих

приемников телезрители наблюдают только двумерные изображения объемных объектов. Точно также и в радиовещании, слушатели могут принять качественный стереозвук и, причем без каких либо искажений.

Необходимость замены существующих аналоговых сетей связано как с прогрессом в области цифровых телекоммуникационных технологий, дающих возможность слияния средств вещания, связи, информационных служб и компьютерных систем, так и с потребностью в более эффективном использовании радиочастотного спектра. В развитых странах в области радиовещания производится замена аналоговых методов передачи информации (телевизионного и звукового вещания) на цифровые и выявляется тенденция к внедрению единых общеевропейских и мировых стандартов и систем. Узбекистан, как и многие другие страны, переходит на новый, цифровой стандарт вещания. Переход осуществляется согласно Региональной конференции радиосвязи по наземному цифровому вещанию в Женеве (2006г.).

Мы в качестве являющиеся выпускниками этого направления, должны внести свой вклад к развитию этой отрасли в Республике Узбекистан. Ведь не зря сказал глава нашей республики И.А. Каримов «Не живи, задавая вопрос - Что дала мне родина, а живи с вопросом, что я дал своей родине! »

## ГЛАВА 1. ОБЗОР И АНАЛИЗ СИСТЕМ РАДИОВЕЩАНИЕ.

### 1.1. ПОСТРОЕНИЕ ПЕРЕДАЮЩЕЙ СЕТИ РАДИОВЕЩАНИЯ

**Ра́дио** (лат. *radio* — излучаю, испускаю лучи ← *radius* — луч) — разновидность беспроводной связи, при которой в качестве носителя используются радиоволны, свободно распространяемые в пространстве.

Передача происходит следующим образом: на передающей стороне (в радиопередатчике) формируются высокочастотные колебания (несущий сигнал) определенной частоты. На него накладывается сигнал, который нужно передать (звука, изображения и т. д.) — происходит модуляция несущей полезным сигналом. Сформированный таким образом высокочастотный сигнал излучается антенной в пространство в виде радиоволн. На приёмной стороне радиоволны наводят модулированный сигнал в приемной антенне, он поступает в радиоприёмник. Здесь система фильтров выделяет из множества наведенных в антенне токов от разных передатчиков сигнал с нужной несущей частотой, а детектор выделяет из него модулирующий полезный сигнал.

В зависимости от диапазона радиоволны имеют свои особенности и законы распространения:

- ДВ сильно поглощаются ионосферой, основное значение имеют приземные волны, которые распространяются, огибая землю. Их интенсивность по мере удаления от передатчика уменьшается сравнительно быстро.
- СВ сильно поглощаются ионосферой днём, и район действия определяется приземной волной, вечером хорошо отражаются от ионосферы и район действия определяется отражённой волной.
- КВ распространяются исключительно посредством отражения ионосферой, поэтому вокруг передатчика существует тёмная зона радиомолчания. Днём лучше распространяются более короткие волны (30

МГц), ночью — более длинные (3 МГц). Короткие волны могут распространяться на большие расстояния при малой мощности передатчика.

- [УКВ](#) распространяются прямолинейно и, как правило, не отражаются ионосферой, однако при определённых условиях способны огибать земной шар из-за разности плотностей воздуха в разных слоях атмосферы. Легко огибают препятствия и имеют высокую проникающую способность.
- ВЧ не огибают препятствия, распространяются в пределах прямой видимости. Используются в WiFi, сотовой связи и т. д.
- КВЧ не огибают препятствия, отражаются большинством препятствий, распространяются в пределах прямой видимости. Используются для спутниковой связи.
- Гипервысокие частоты не огибают препятствия, отражаются подобно свету, распространяются в пределах прямой видимости. Использование ограничено.

Радиоволны распространяются в пустоте и в атмосфере; земная твердь и вода для них непрозрачны. Однако, благодаря эффектам [дифракции](#) и [отражения](#), возможна связь между точками земной поверхности, не имеющими прямой видимости (в частности, находящимися на большом расстоянии).

Распространение радиоволн от источника к приёмнику может происходить несколькими путями одновременно. Такое распространение называется *многолучёвостью*. Вследствие многолучёвости и изменений параметров среды, возникают

*замирания* ([англ. fading](#)) — изменение уровня принимаемого сигнала во времени. При многолучёвости изменение уровня сигнала происходит вследствие интерференции, то есть в точке приёма электромагнитное поле представляет собой сумму смещённых во времени радиоволн диапазона.[9]

**Радиоприёмник** — устройство, соединяемое с антенной и служащее для осуществления радиоприёма.

Радиоприёмник (радиоприёмное устройство) — устройство для приёма электромагнитных [радиодиапазона](#) (то есть с [длиной волны](#) от нескольких тысяч метров до долей миллиметра) с последующим преобразованием содержащейся в них информации к виду, в котором она могла бы быть использована.

Радиоприёмные устройства делятся по следующим признакам:

- По основному назначению: [радиовещательные](#), [телевизионные](#), [связные](#), [пеленгационные](#) [радиолокационные](#), для систем [радиоуправления](#), измерительные и др.;
- по роду работы: радиотелеграфные, радиотелефонные, фототелеграфные и т. д.;
- по виду [модуляции](#), применяемой в [канале связи](#): амплитудная, частотная, фазовая;
- по принципу построения приёмного тракта: [детекторные](#), [прямого усиления](#), [прямого преобразования](#), [регенеративные](#),

сверхрегенераторы, [супергетеродинные](#) с однократным, двукратным или многократным преобразованием частоты;

- по способу обработки сигнала: аналоговые и цифровые;
- по применённой элементной базе: на [кристаллическом детекторе](#), ламповые, транзисторные, на [микросхемах](#);
- по исполнению: автономные и встроенные (в состав др. устройства);
- по месту установки: стационарные, носимые;
- по способу питания: [сетевое](#), [автономное](#) или универсальное.

Основные показатели радиоприёмника:

- [чувствительность](#)
- избирательность ([селективность](#))
- уровень собственных [шумов](#)
- [динамический диапазон](#)
- помехоустойчивость
- стабильность [9]

**Радиовещание** («эфирное радиовещание», крат. «эфир»), от «[радио](#)» + «*вещать*» (*сообщать*) — технология передачи звуковой информации в [радиоэфире](#), также в проводных сетях ([проводное радиовещание](#)) или в сетях с пакетной коммутацией (в компьютерных сетях — [интернет-радио](#)). Изначально термин произошел от физического понятия «[эфир](#)», так как в начале XX века считалось, что распространение радиоволн происходит в таком эфире, и в дальнейшем распространилось на все способы [широковещательной трансляции](#).

Характеризуется передачей сигнала по принципу «от одного — ко многим», т. е. более чем одному слушателю, как правило — по заранее известному расписанию. В официальной документации также применяют термин «*радиовещание телевидения*», подразумевающее передачу аудиовизуальной информации.

## ЭФИРНОЕ РАДИОВЕЩАНИЕ

Вещание в радиоэфире осуществляется при помощи радиопередатчиков (приём передач, соответственно, — радиоприёмников), той или иной мощности, передающими информацию на той или иной частоте электромагнитного излучения. Радиопередатчик с сопутствующим оборудованием называется радиостанцией.

Частота является главной характеристикой радиовещательной станции. В первые десятилетия развития радиовещания, для обозначения характеристики несущих колебаний использовали длину волны излучения, соответственно — шкалы радиоприёмников были проградуированы в метрах. В настоящее время несущие колебания обозначают частотой и, соответственно, шкалы радиоприёмников градуируют в кГц, МГц и ГГц.

Как правило, звук в эфирном радиовещании модулирует несущую частоту передатчика одним из способов модуляции: амплитудным или частотным (ЧМ). ЧМ позволяет осуществлять высококачественное (как правило стереофоническое) вещание в диапазоне частот 66-108 МГц. В других диапазонах с более длинными волнами (ДВ, СВ, КВ) используется АМ и цифровое радиовещание в формате DRM. Попытки использования однополосной модуляции (SSB) в радиовещании особого успеха не имели.

Передающая сеть радиовещания представляет собой комплекс технических средств (передатчики, антенные устройства, вспомогательное оборудование), с помощью которых происходит излучение сигналов звукового вещания. Таким образом, передающая сеть обеспечивает вторичное распределение программ, т.е. доведение их непосредственно до приемного устройства слушателя.

При построении передающей сети, обслуживающей определенную территорию, следует учитывать условие передачи и приема радиосигналов, диапазон радиоволн, особенности расселения жителей на территории, рельеф местности. При планировании сети определяются места расположения радиовещательных станций (РВС) и их мощности, коэффициент усиления антенн, номера радиоканалов, стоимость и др. параметры. Основная задача относительного размещения РВС – обеспечение удовлетворительного качества приёма в пределах всей территории при минимальных затратах на построение сети.

Каждая станция обслуживает вещанием определенную территорию. **Зоной обслуживания передатчика называется** часть земной поверхности, ограниченная замкнутой кривой, в каждой точке которой с вероятностью

не ниже заданной напряжённости поля (полезная) передатчика  $E_{\text{пол.}} \geq E_{\text{мин.}}$ . Это минимальное значение напряженности поля принимается в качестве отправного при планировании передающей сети и определяется как  $U_c / U_n$ . Это отношение **называется защитным отношением** по звуковой частоте и по рекомендации Международной электротехнической комиссии (МЭК), основанной на результатах массового опроса слушателей принимают равным  $20 \div 40$  дБ.

Важным параметром, от которого зависит конфигурация и площадь зоны обслуживания, является защитное отношение по ВЧ. Защитное отношение по ВЧ определяет границы зоны обслуживания и определяется выражением

$$A = 20 \lg(E_{\text{пол.}} / E_n), \text{ дБ. (1.1)}$$

Действующее значение напряженности поля в мВ/м

$$\overline{E} = F(173 \sqrt{PG}) / r, \text{ (1.2.)}$$

где P- мощность передатчика, кВт;

G- коэффициент усиления антенны в направлении точки приема;

r- расстояние между передатчиком и приёмником, км ;

F- показатель ослабления, зависящий от длины волны  $\lambda$  и удельной проводимости  $\sigma$ .

Напряженность поля передатчика вокруг нее и особенно на больших расстояниях изменяется случайным образом во времени. Для характеристики поля используют относительное время превышения заданного уровня напряженности поля T- выраженное в % отношения суммарного времени превышения этого уровня  $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots$  к длительности времени приёма  $T_0$ , т.е.  $T = (\Delta t / T_0) \cdot 100\%$ .

Напряженность поля, превышаемая в T % времени, обозначается E(T). Напряженность поля  $E(T) = E(50)$ , превышаемая в 50% времени, **называется медианной**.

Напряженность поля вокруг передатчика (на заданном расстоянии) зависит и от места расположения приёмника на территории, изменяясь от точки к точке приёма. Таким образом, изменяясь во времени и от места расположения приёмника, напряженность поля вокруг передатчика является случайной величиной.

Значение напряжённости поля  $E(r, T, L)$ , которое в течение  $T\%$  времени превышает в  $L\%$  общего числа точек приёма на расстоянии  $r$  от передатчика, можно определить в дБ относительно  $1 \text{ мкВ/м}$

$$E(r, T, L) = P_{\Sigma} + E(r, 50, 50) + R(T) + R(L), \quad (1.3)$$

где  $E(r, 50, 50)$  – медианное значение напряженности поля на  $1 \text{ мкВ/м}$ , превышаемое в течение  $50\%$  времени приема в  $L=50\%$  мест приёма на расстоянии  $r$  от передатчика при эффективной мощности излучения  $1 \text{ кВт}$ ;  $R(L)$ - функция, учитывающая статистическое распределение напряженности поля в различных точках приёма на заданном расстоянии  $r$ ;  $R(T)$  – функция учитывающая статистическое распределение напряженности поля во времени в точках, расположенных на заданном расстоянии  $r$ ;  $P_{\Sigma}$ - эффективная мощность излучения передатчика в дБ на кВт.

Если передатчик (полезный) работает в условиях помех от другого (мешающего), то на границе зоны обслуживания должны выполняться следующие условия:

$$E_{\text{пол.}} - E_{\text{меш.}} = A, \quad (1.4)$$

$$E_{\text{пол.}} \geq E_{\text{мин.}}, \quad (1.5)$$

где  $E_{\text{пол.}}$  и  $E_{\text{меш.}}$  – значения напряженности поля соответственно полезного и мешающего передатчиков, в дБ;  $E_{\text{мин.}}$  – минимально необходимое значение напряженности поля в дБ относительно  $1 \text{ мкВ/м}$ ;  $A$ - защитное отношение по ВЧ в дБ. В вещательной службе величину  $A$  принято оценивать для  $T=50\%$ .

Помехи от соседних передатчиков в диапазонах декаметровых и метровых волн, а также километровых и гектометровых волн в ночное время являются следствием тропосферного или ионосферного распространения радиоволн, и их значения в сильной степени изменяются во времени.

Поэтому устанавливают норму процента времени появления помех, в течение которой не выполняется условие (1.4.).

Согласно рекомендации Международной организации радиовещания и телевидения (ОИРТ) в зоне обслуживания радиовещательной станции напряженность поля, создаваемая передатчиком, должна обеспечить качественный приём вещания на массовую аппаратуру в  $L=50\%$  мест приёма в течение  $T=90\%$  времени для моно и  $T=99\%$  времени для стереовещания. В течение соответственно 10% и 1% времени допускается появление заметных помех. С учётом изложенного для решения задачи определения зоны обслуживания отдельного передатчика и всей территории, обслуживаемой сетью передатчиков имеем формулу: [11]

$$P_{\Sigma \text{пол.}} - P_{\Sigma \text{меш.}} + P_{\Sigma \text{пол.}}(r_{\text{пол.}}, 50, 50) - E_{\text{меш.}}(r_{\text{меш.}}, T, 50) + k(L) = A, \quad (1.6.)$$

где  $r_{\text{пол.}}$  и  $r_{\text{мин.}}$  – расстояние от полезного и мешающего передатчиков до границы зоны обслуживания;

$E_{\text{пол.}}(r_{\text{пол.}}, 50, 50)$  – медианная сопряженность поля полезного передатчика;

$E_{\text{меш.}}(r_{\text{меш.}}, T, 50)$  – напряженность поля мешающего передатчика;

$P_{\Sigma \text{пол.}}$  и  $P_{\Sigma \text{меш.}}$  – мощность излучения полезного и мешающего передатчиков в направлении на точку приёма в дБ на 1кВт.

Разность двух величин  $R_{\text{пол.}}(L)$  и  $R_{\text{меш.}}(L)$ , распределенных по гауссовскому закону, равна среднему геометрическому этих значений:

$$\sqrt{R_{\text{пол.}}^2(L) + R_{\text{меш.}}^2(L)} = k(L) = 2R(L). \quad (1.7.)$$

В диапазонах километровых и гектометровых волн, когда приём в зоне обслуживания передатчика осуществляется за счет земной волны, напряженность поля во времени практически не изменяется.

При отсутствии помех от других передатчиков и слабых изменениях характера местности вокруг передатчика зоны обслуживания будет иметь форму круга. Условие (1.5.) позволяет определить радиус  $r_{\text{пол.}}$  зоны обслуживания, который для данного передатчика будет, максимальным. При наличии помех от других передатчиков, что наиболее реально, площадь зоны обслуживания будет зависеть от защитного отношения по высокой частоте  $A$ .

## 1.2 Синхронное радиовещание

*Синхронным* называют способ радиовещания, при котором несколько передатчиков работают на одной частоте и передают одинаковую программу. Синхронное вещание (СР) ведется главным образом в средневолновом диапазоне, где число передатчиков, работающих в одном частотном канале, достигает нескольких десятков. Этот вид вещания является наиболее эффективным способом многократного использования частотных каналов из-за возможности резкого снижения требуемого значения защитного отношения по высокой частоте и увеличения вследствие этого площади зоны обслуживания.

В сетях СР нецелесообразно использовать мощные передатчики, работающие на пространственной волне, так как это может привести к нарушению их работы при повышении уровня помех от мешающих станций или других источников помех. Значительно устойчивее работа синхронной сети при использовании передатчиков малой и средней мощности. Суммарная мощность этих передатчиков меньше мощности одного передатчика, обеспечивающего такую же напряженность поля на границах зоны обслуживания. Расчет показывает, что при замене передатчиков мощностью 20 кВт передатчиками мощностью 1 кВт их потребуется в 4 раза больше, но общий расход энергии сократится при этом в 5 раз. Для того чтобы еще улучшить экономические показатели сети СР при возросшем числе передатчиков, их переводят на дистанционное управление.[9]

Еще одно достоинство сети СР - высокая надежность ее работы благодаря взаимному резервированию синхронно работающих передатчиков. Так, при выходе из строя одного из передатчиков радиослушатель все же имеет возможность принимать информацию, но, естественно, с ухудшением качества.

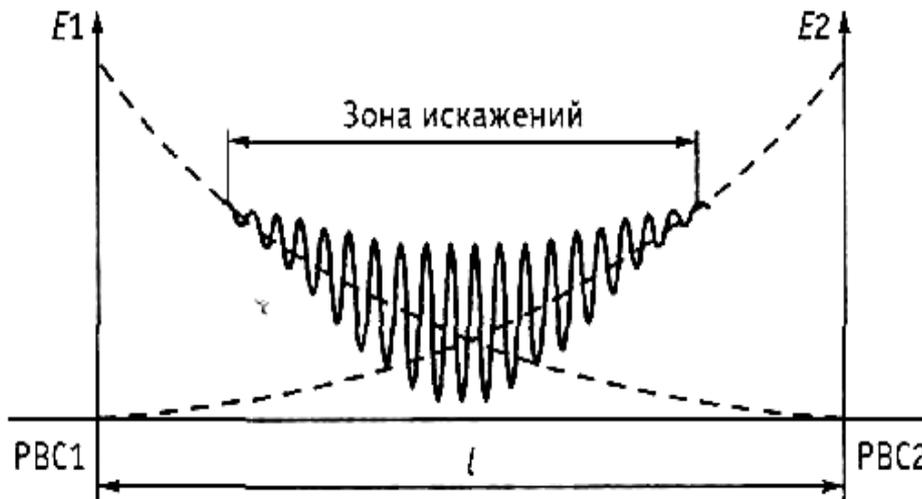


Рис. 1.1. Интерференционная картина в зоне искажений при синхронном радиовещании

Недостатком сети СР является наличие некоторой площади между станциями, на которых прием неудовлетворителен. Искажения возникают вследствие интерференции полей соседних передатчиков. При этом из-за разности фаз несущих колебаний напряженность результирующего поля в некоторых местах обслуживаемой территории может быть очень мала (рис. 1.1).

Интерференция полей приводит не только к ослаблению, но и к искажению сигналов в радиоприемнике. Максимумы и минимумы результирующего поля для несущей частоты и боковых полос в пространстве могут не совпадать. В результате спектр модулированных колебаний заметно изменяется, что при детектировании приводит к частотным и нелинейным искажениям. Область, где эти искажения особенно заметны, называют *зоной искажений*. В зависимости от длины волны и соотношения напряжённостей ширина зоны искажений может составлять от 7 до 15 % расстояния между передатчиками (на рис. 1.1 интерференционная картина для наглядности приведена не в масштабе).

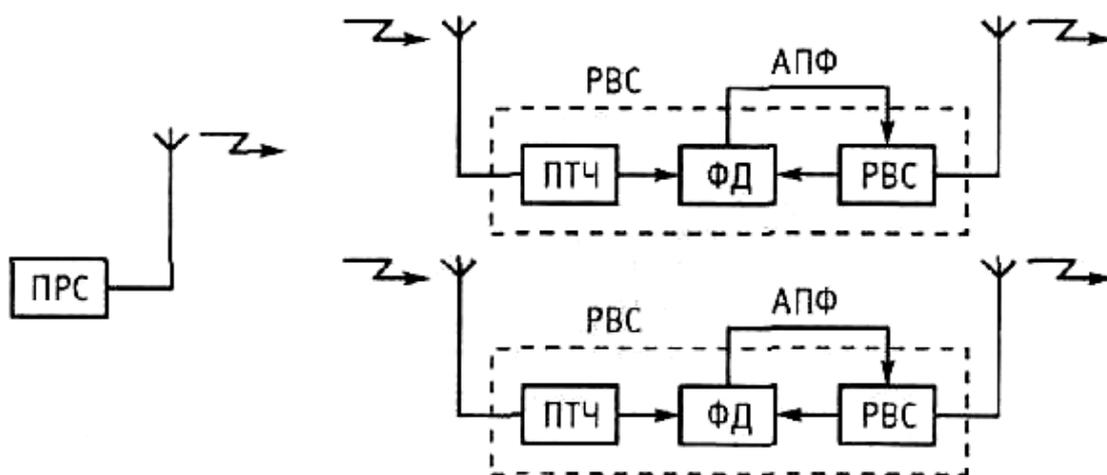


Рис. 1.2. Схема фазовой синхронизации радиовещательных станций сети синхронного радиовещания

Эти искажения могут проявляться в любой точке зоны искажений в зависимости от фазовых соотношений напряженности полей принимаемых станций

В областях зоны, где искажения заметны, достаточно переключить приемник с внешней (электрической) антенны на внутреннюю (магнитную), или наоборот. Искажения при этом переключении устраняются потому, что в поле стоячих волн точки минимумов электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля не совпадают. В точках минимума (узла) электрической составляющей магнитная составляющая имеет максимум (пучность). Поэтому для современного приемника, в котором предусмотрена возможность переключения с электрической антенны на магнитную, зона искажений практически отсутствует. Однако неизменным условием в этом случае является работа передатчиков в режиме фазового синхронизма. При расхождении фаз (частот) излучения передатчиков интерференционные искажения будут перемещаться по территории.

В настоящее время для улучшения синхронизма применяют систему фазовой синхронизации путем непрерывной автоматической подстройки фазы колебания несущей частоты РВС. Для автоподстройки передаются сигналы точных частот. Передачу осуществляют на километровых волнах, обладающих стабильными характеристиками распространения. Этот

принцип иллюстрируется рис. 1.2, где ПРС - передающая радиостанция, излучающая сигналы точных частот; ПТЧ - приемник точной частоты. На вход фазового детектора (ФД) поступают частоты с выхода ПТЧ и с синтезатора частот местной радиостанции РВС. Система фазовой автоподстройки (АПФ) обеспечивает стабильность фазы синтезаторов частот всех РВС, работающих в данной синхронной сети.

Почти на всей территории европейской части нашей страны фазовая синхронизация передатчиков всех синхронных сетей осуществляется через радиостанцию, излучающую сигнал точной (образцовой) частоты, равной 66,6 кГц. Суточное отклонение этой частоты от номинального значения не превышает  $0,7 \cdot 10^{-5}$  Гц. Передатчик мощностью 10 кВт работает круглосуточно.

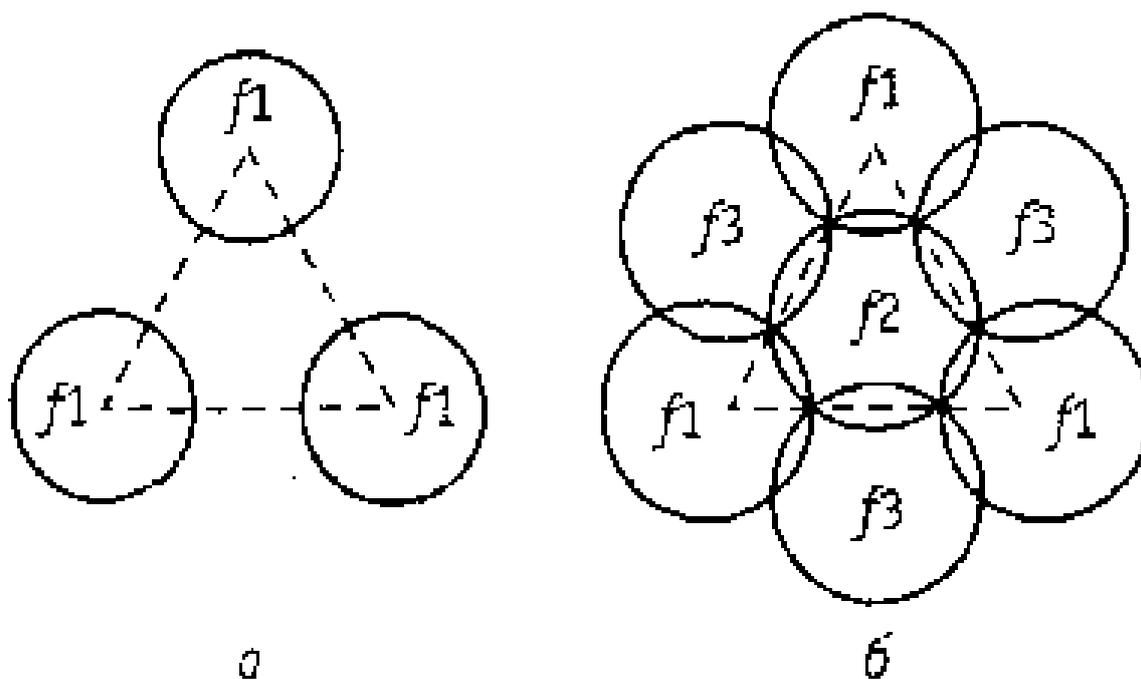


Рис. 1.3. Построение синхронной сети: а-одноволновой; б-многоволновой

Применяют два типа синхронных сетей: одноволновые и многоволновые. Одноволновые сети бывают однородными и комбинированными. Одноволновые синхронные сети, состоящие из передатчиков одинаковой или близкой по значению мощности, применяют для обслуживания вещанием районов с большой концентрацией населения.

Между радиостанциями сети на части территории с малой концентрацией населения допускается существование зоны искажений. Комбинированная синхронная сеть состоит из мощной опорной радиостанции (500...1000 кВт) и нескольких маломощных (1...50 кВт), размещаемых в крупных городах и предназначенных для повышения напряженности поля с целью ослабления влияния промышленных помех на качество приема.

Многоволновые синхронные сети предназначены для обслуживания населения больших территорий. В этих сетях зоны обслуживания станций, работающих на разных частотах, располагаются таким образом, что зона искажения передатчиков, работающих на одной частоте, обслуживается передатчиком, работающим на другой частоте (рис. 1.3).

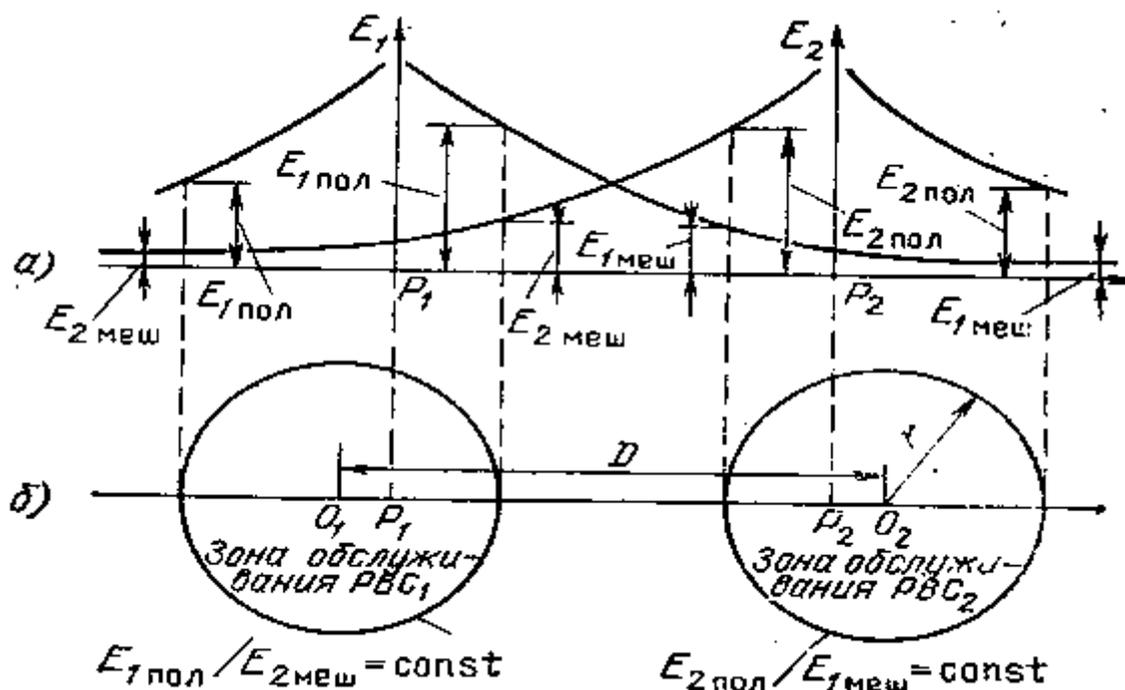


Рис 1.4.(а) зависимость изменения напряженностей поля двух радиовещательных станций от защитного отношения и (б) зоны обслуживания

На рис.1.4,а условно показаны изменение напряженности двух радиовещательных станций  $P_1$  и  $P_2$ , работающих за счет земной волны в зависимости от расстояния, а на рис 1.4,б - зоны обслуживания, в каждой точке границы которых соблюдается условие (1.4.).

Задача планирования передающей вещательной сети заключается в таком размещении РВС и распределении между ними имеющихся частотных каналов, чтобы на данной территории обеспечить качественным приёмом наибольшее число слушателей.

### **1.3. Международные соглашения в области распределения радиочастот**

Распределение радиочастот между отдельными странами и регламентациями работы радиосредств производится на Всемирных (или Региональных) Административных радиоконференциях (ВАКР), в которых участвуют представители стран-членов международного союза электросвязи (МСЭ).

Решение ВАКР (или РАКР) находят отражение в Регламенте радиосвязи, являющемся основным документом, который определяет использование частотного диапазона и условие работы различных радиосредств.

В соответствии с международными соглашениями, зафиксированными в Регламенте радиосвязи для распределения радиочастот, мир разделен на три района. Район I - включает территории Европы (включая СНГ и МНР) и Африки; район II – территории Северной и Южной Америки и Гренландию, район III - территории Азии (без СНГ и МНР) и Австралии. В Европейскую зону радиовещания входят страны района I, расположенные западнее  $40^\circ$  восточной долготы от Гринвича и севернее  $80^\circ$  северной широты. По интенсивности атмосферных помех земной шар условно разделен на три зоны А, В,С (рис 1.5.).

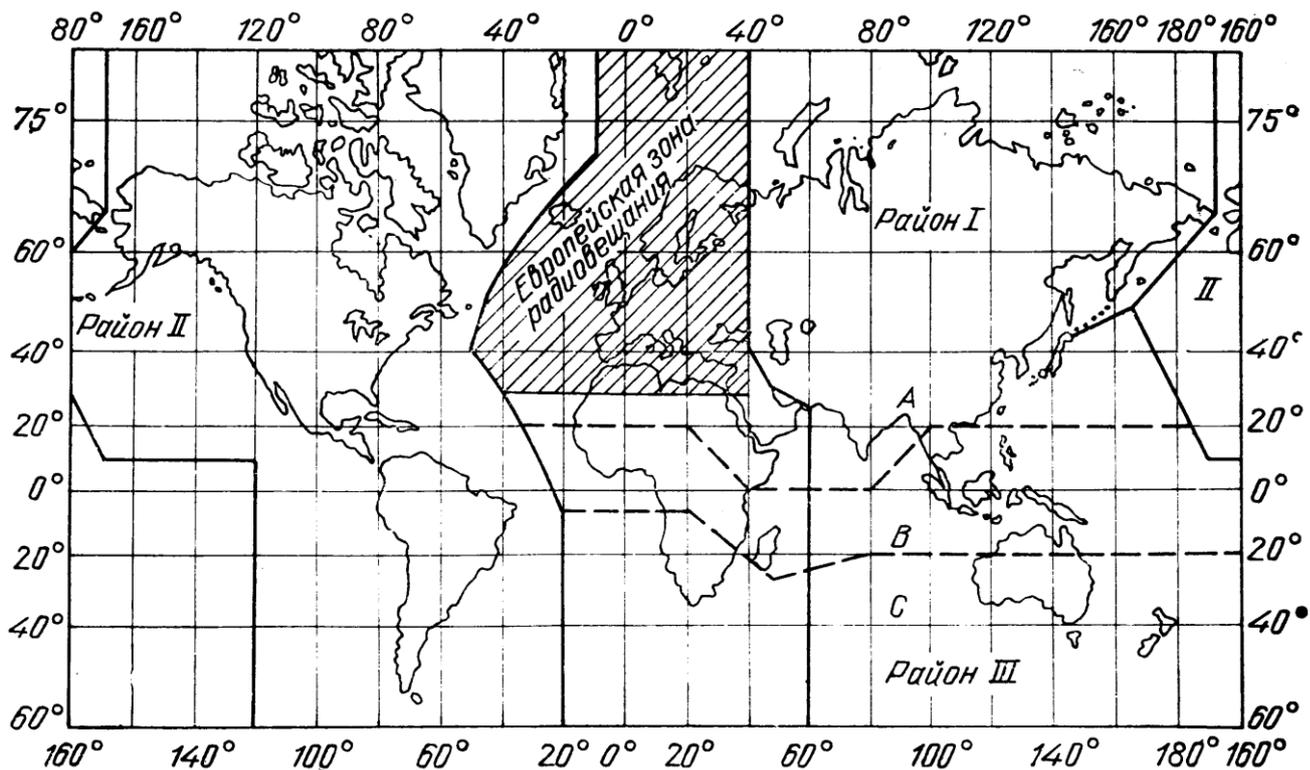


Рис.1.5. Зоны распределения радиочастот между странами

Для радиовещания выделены участки в диапазонах километровых (ДВ), гектометровых (СВ), декаметровых (КВ) и метровых волн. Классификация радиочастотных диапазонов приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Номер частотного диапазона	Наименование диапазона частот (длин волн)	Сокращенное название	Диапазон	
			частот	Длин волн
4	Очень низкие (мираметровые волны)	ОНЧ	3...30 кГц	100...10
	Низкие (километровые волны)		30...300 кГц	км
5	Средние (гектометровые волны)	НЧ	300...3000 кГц	10...1 км
6	Высокие (декаметровые волны)	СЧ	3...30 МГц	1000...100 м
7	Очень высокие (метровые волны)	ВЧ	30...300 МГц	100...10 м
8	Ультравысокие (дециметровые волны)	ОВЧ	300...3000 МГц	10...1 м
9	Сверхвысокие (сантиметровые волны)	УВЧ	3...30 ГГц	100...10 см
10	Крайне высокие (миллиметровые волны)	СВЧ	30...300 ГГц	0...1 см
11	Децимиллиметровы е волны	КВЧ	300...3000 ГГц	10...1 мм
12			300...3000 ГГц	1...0,1 мм

В радиочастотных диапазонах 5-8 выделены участки, используемые для радиовещания (Табл.1.2.).

**Таблица 1.2.**

<b>Номер диапазона</b>	<b>Наименование диапазона (длин волн)</b>	<b>Частоты, МГц</b>	<b>Длина волн, м</b>
5	КМВ (ДВ)	0,15...0,285	200...735,3
6	ГМВ (СВ)	0,525...1,605	575...187
7	ДКМВ (КВ)	3,20...3,640	90
		3,95...4,000	75
		4,75...4,995	62
		5,006...5,06	59
		5,95...6,20	49
		7,10...7,30	41
		9,50...9,90	31
		11,65...12,05	25
		13,6...13,8	23
		15,10...15,60	19
		17,55...17,90	16
		21,45...21,85	13
26,67...21,1	11		
8	МВ (МВ)	65,8...74	4,55...4,1
		88...108	3,41...2,788

В диапазонах ДВ, СВ и КВ передатчики работают с АМ модуляцией. Согласно плану распределения радиочастот, принятому на ВАКР-85 в диапазонах ДВ и СВ разнос между несущими частотами принят равным 9кГц. Кроме того, номиналы несущих частот передатчиков, работающих в этих диапазонах, также установлены кратными 9 кГц. Радиовещательные станции могут занимать канал с полосой до 20кГц ( $\Gamma_B = 10\text{нГц}$ ). Для снижения взаимных помех в этом случае станции, работающие в смежных

радиоканалах, размещают на достаточно больших расстояниях друг от друга. Ширина полосы частот радиоканала в диапазоне ДКМВ (КВ) установлена равной 9 кГц. Нижняя модулирующая частота  $F_H$  вводится затухание 6 дБ/окт. Разнос несущих частот принят равным 10 кГц.[2]

В использованном в настоящее время участке радиоспектра 66÷74 МГц осуществляется высококачественное моно и стереофоническое вещание ( $F_B = 15\ 000$  Гц) с использованием ЧМ.

Номиналы несущих частот МВ – ЧМ передатчиков выбраны кратными 30кГц. Разное несущих частот также кратен 30 кГц и может быть равен 30, 60, 90, 120 ... кГц. Участок радиоспектра 88 ÷ 108 МГц используется для организации стереофонического вещания с частотной модуляцией (Западная Европа, США, страны Латинской Америки), а в Японии - 76÷88МГц.

### **Вывод**

Первая глава моей выпускной квалификационной работы посвящено к обзору и анализу систем радиовещание. Рассмотрены типы и квалификации радиоприёмников, построение передающей сети радиовещания, на каком принципе работает такие системы. И к дополнению к этой главе добавлена информация о распределение диапазонов по радиочастотам, о международным соглашения в области распределения радиочастот.

## **ГЛАВА 2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВИДОВ АНАЛОГОВЫХ И ЦИФРОВЫХ ФОРМАТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ.**

### **2.1. Аналоговое радиовещание**

В настоящее время, в современном мире радиовещание является одним из важнейших средств массовой информации, влияющим на духовное развитие общества, экономический рост, социальную стабильность и укрепление институтов гражданского общества. Радиовещание оказывает существенное воздействие на политический и социальный климат современной Узбекистана. Являясь составной частью культуры страны, радио способствует сохранению языка, традиций, формирует шкалы материальных ценностей общества. Радиопередающие устройства (РПДУ), объединённые в единые сети радиовещания, выполняют функцию одной из основных систем оповещения населения о чрезвычайных ситуациях, природных и техногенных катастрофах.

Расширение возможностей и уровня радиовещания необходимо рассматривать в рамках задач защиты конституционных прав и свобод человека, связанных с формированием личности, сплочённого гражданского общества, свободой массового информирования, использования духовного и культурного наследия, исторических традиций и норм общественной жизни, с укреплением нравственных ценностей, патриотизма, гуманизма граждан.

Действующим, эксплуатируемым в настоящее время на радиоцентрах, РПДУ разработки сорока-пятидесятилетней давности присущ ряд существенных недостатков:

- отсутствие режима однополосной передачи;
- невозможность регулировки уровня несущей (использование режима ДРМ), позволяющей улучшить условия электромагнитной совместимости (ЭМС) и существенно снизить энергопотребления без уменьшения напряженности поля в точках приема;

- отсутствие устройств автоматического обслуживания и контроля работы РПДУ;
- низкий промышленный коэффициент полезного действия (КПД), не превышающий при сеточной модуляции 25%, а при анодной модуляции 50% (по сравнению с величиной 80-85% у современных РПДУ);
- большое число дорогостоящих электровакуумных приборов (устаревших триодов), обладающих малой долговечностью (~ 2000 часов);
- неудовлетворительные массогабаритные показатели;
- низкая надежность;
- полный физический износ;
- отсутствие режима передачи цифровых сигналов.[1]

На сегодняшний день РПДУ использующих амплитудную модуляцию (АМ), передающих государственные вещательные программы насчитывается в России около 460 единиц. На их долю приходится около 70% электроэнергии, потребляемой всем оборудованием электросвязи. Эксплуатационные радиопредприятия несут более 75% затрат на оплату электроэнергии, потребляемой этими РПДУ. Более 90% АМ вещательных передатчиков должны быть списаны по причине физического и морального износа (значительная их часть во много раз превысила установленную продолжительность эксплуатации).

Это, в свою очередь, препятствует обеспечению равных возможностей доступа к культурным ценностям жителей различных регионов России и представителей разных социальных групп, достижению максимального охвата населения страны социально значимым пакетом радиопрограмм федерального и регионального уровней.

Следует особо отметить необходимость повышать творческий уровень и разнообразие программ вещания. Имеется востребованность со стороны

общества в новых специализированных радиоканалах, имеющих иной, отличный от существующих, формат радиовещания.

Существующие темпы развития системы правового регулирования и технологической организации, выделения финансовых средств на радиовещание, не обеспечивают эффективного вклада отрасли в социальное и экономическое развитие страны, необходимого доступа населения к информационным ресурсам, не способствуют преодолению отставания России на пути вхождения в глобальное информационное общество.

На сегодняшний день важнейшим электронным средством массовой информации во всем мире продолжает оставаться эфирное радиовещание. Для эфирного радиовещания в мире используется несколько служб, различающихся целями, техническими параметрами и зонами обслуживания. Основные характеристики существующих систем эфирного радиовещания приведены в таблице 1, где для сравнения указаны, планируете параметры цифрового радиовещания. Эти системы условно можно разделить на три класса:

- системы с амплитудной модуляцией (АМ), использующие диапазоны НЧ (КМВ), СЧ (ГМВ) и ВЧ (ДКМВ) т.е. частоты ниже 30 МГц ;
- МВ (УКВ) ЧМ системы, использующие метровые волны, т.е. работающие на частотах 30...300 МГц в диапазоне ОВЧ;
- системы непосредственного спутникового радиовещания (DSR, ADR, World Space, Digital System E и ряд других), работающие в диапазонах УВЧ и СВЧ.

В диапазоне ДКМВ, как правило, разнос несущих частот составляет 10 кГц, а ширина полосы частот радиоканала - 9 кГц.

Вещание на частотах ниже 30 МГц характеризуется уникальными возможностями в части распространения радиоволн, что обеспечивает большие зоны охвата и мобильный прием с относительно небольшим ослаблением; ВЧ диапазон единственно пригоден для реализации международного «иновещания» радиовещания.

Однако АМ радиовещание характеризуется использованием аналоговых методов и ограниченным (неудовлетворительным) качеством вещания. Последнее в значительной степени объясняется интерференцией в результате специфических механизмов распространения радиоволн, которые преобладают в этой части частотного спектра.

Состояние передающей сети АМ вещания в настоящее время неудовлетворительно из-за несоответствия передающих устройств современным требованиям ввиду:

- отсутствия режима однополосной передачи;
- невозможности регулировки уровня несущей, позволяющей улучшить условия электромагнитной совместимости (ЭМС) и уменьшить энергопотребление;
- отсутствия устройств автоматического обслуживания;
- низкого коэффициента полезного действия, не превышающего 50% (по сравнению с величиной 85-90% у современных передатчиков);
- отсутствия режима передачи цифровых сигналов.

По разным оценкам более 80% АМ вещательных передатчиков должны быть списаны по причине физического и морального износа (значительная их часть во много раз превысила установленную продолжительность эксплуатации). Это делает весьма актуальной полную модернизацию радиовещательных сетей АМ вещания. Предполагается, что замена передатчиков с аналоговой модуляцией цифровыми позволит снизить излучаемую и потребляемую мощности приблизительно на порядок.

Таблица 2.1

## Основные характеристики существующих систем эфирного радиовещания

Диапазон волн / служба	Вещательные зоны	Число звуковых программ	Полоса звуковых частот, кГц	Отношение сигнал/несущая, дБ	Моно/стерео	Фиксированная, подвижная
КМВ	Национальное вещание, смежные	3... 5	4,5...5,0	20	М	Ф + П
ГМВ	То же	8	4,5...5,0	20	М	Ф + П
ДКМВ	Весь мир	- ? -	4,5...5,0	0	М	Ф(П)
МВ/УКВ	Региональное и местное вещание	5...10	15	50	М/С	Ф(П)
DSR, ADR	Национальное вещание, смежные государства	16	15	70	М/С	Ф
ЦРВ (наземное)	Региональное и местное вещание	>6	>15	70	С	Ф+П
ЦРВ (спутниковое)	Национальное вещание, смежные государства	>16	>15	70	С	Ф+П

Системы, реализующие АМ вещание, характеризуются достаточно низким качеством, с весьма ограниченной полосой воспроизводимых звуковых частот (реально, порядка 4,5 кГц). Они подвержены промышленным помехам и помехам от других радиостанций и бытовой техники. Как правило, это монофоническое вещание, передачи которого принимаются на

стационарные (фиксированные) и подвижные приемники (в таблице 2.1, соответственно, Ф и П). Во время приема в автомобилях весьма вероятны глубокие замирания. Отношение сигнала к несущей (С/Н) на длинных и средних волнах близко к 20 дБ, а на коротких волнах - часто опускается до нуля. Существенным недостатком, объясняемым ограниченными возможностями частотного ресурса, является незначительное число передаваемых программ.

Несколько поднять субъективное качество радиоприема в диапазонах длинных, средних и коротких волн удастся путем использования специальной обработки вещательного сигнала на входе АМ модулятора радиовещательного передатчика. С этой целью используются аудио процессоры различных типов. В ряде стран в диапазоне средних волн достаточно широко применяются системы стереофонического радиовещания, что также повышает качество услуги.

Единственным видом существующего аналогового радиовещания, способным передавать звуковые вещательные сигналы с высоким качеством, является ОВЧ ЧМ (FM) радиовещание в диапазоне метровых волн. Для радиовещания в этом диапазоне в России выделены следующие полосы частот: 66 ... 74 (4,55...4,1 м) и 87,5... 108 (3,4...2,79 м) МГц (в Западной Европе - 88 ... 104 МГц, в США - 88 ... 108 МГц, в Японии 76 ... 90 МГц). В каждом из указанных участков спектра можно организовать в масштабах страны централизованные сети четырехпрограммного вещания, т.е. одновременно передавать четыре разные программы, причем лишь две из них могут быть стереофоническими. Несмотря на то, что каждый аналоговый канал занимает довольно узкую полосу (130...190 кГц), из-за сильного взаимного влияния сигналов соседних зон их приходится значительно разносить. Поэтому увеличение числа одновременно передаваемых в вещательной сети стереофонических программ без увеличения взаимных помех при их приеме становится невозможным.

Ввиду большой ширины частотных каналов и применения частотной модуляции реализуются высокие параметры качества. В частности, использование ЧМ позволяет значительно увеличить отношение сигнал/помеха - по сравнению с АМ в 5,8 раза (15 дБ) при монофоническом вещании и в 2 раза (5,5 дБ) - при стереофоническом. Для построения систем двухканальной стереофонии используют поднесущую частоту, которую модулируют по амплитуде или по частоте. Международным Консультативным Комитетом по Радио - МККР (теперь вместо него действует секция МСЭ-Р) для диапазона ОВЧ ЧМ рекомендованы:

1. Система ЧМ-АМ с полярной модуляцией (ПМ). (Утверждена для регулярного вещания в декабре 1963 г.; рекомендована к использованию Рекомендацией 450 МККР в 1966 г.).

2. Американская система ЧМ-АМ с пилот – тоном (ПТ). (В России используется на частотах 87,5 – 108 МГц. Утверждена для регулярного вещания в 1961 г., рекомендована к использованию Рекомендацией 450 МККР в 1966 г.).

3. Шведская система ЧМ – ЧМ Берглунда.[3]

Занимаемая каждым вещательным каналом в эфире полоса частот составляет: для системы с полярной модуляцией (ПМ) -около 130 кГц в режиме монофонической передачи и около 190 кГц в стереофоническом режиме, для системы с пилот-тоном в стереофоническом режиме - около 206 кГц. Однако, для большинства программ вещания (учитывая, что внеполосное излучение составляет, согласно РР, около 1% излучаемой мощности) занимаемая полоса в эфире составляет: для системы ПМ -165 кГц; для системы ПТ- 190 кГц.

К недостаткам ОВЧ ЧМ вещания следует отнести трудность организации и малую пропускную способность информационных каналов для передачи дополнительной сервисной информации в вещательном ЧМ канале, малые размеры зоны уверенного приема, ограниченные условием прямой видимости, а также многолучевой интерференцией и другими помехами при приеме в дви-

жущемся транспорте, когда нельзя воспользоваться преимуществами направленных антенн, в то время как использование именно таких антенн обычно планируется при расчетах зон приема с гарантированным качеством. А самое главное, ЧМ передатчики, будучи аналоговыми и работая по принципу "одна частота - один передатчик - одна программа", не способствуют рациональному использованию частотного спектра как национального ресурса.

На каждый ОВЧ ЧМ передатчик необходимо подать звуковую вещательную программу высокого класса качества. До последнего времени, в основном, это делалось с помощью соединительных линий - проводных или радиорелейных, в ряде случаев - с помощью эфирного приема сигнала более мощной ОВЧ ЧМ радиовещательной станции с последующим переизлучением сигнала менее мощным передатчиком в локальной зоне обслуживания. Именно такой дорогостоящий способ распределения программ ЗВ и привел к тому, что подавляющее большинство ныне действующих РПДУ метрового диапазона сосредоточены исключительно в регионах с относительно высокой плотностью населения (прежде всего в самых крупных городах с числом жителей более 1 млн. человек в каждом), т.е. там, где хорошо развиты наземные линии связи, либо существует земная станция (ЗС) фиксированной службы спутниковой связи (ФСС), ориентированной на использование ИСЗ на геостационарной орбите (ГО). Однако в этом случае речь идет об использовании цифровых технологий для обеспечения подачи звуковых программ на передатчики аналогового радиовещания.

Итак, среди аналоговых систем радиовещания лишь качество ОВЧ ЧМ вещания в какой-то мере соизмеримо с CD-качеством.

Следует отметить, что повышение требований к качеству ОВЧ ЧМ вещания ведет к существенному удорожанию аппаратуры, не сопоставимому с достигнутым эффектом. Так, для уменьшения линейных и нелинейных искажений, возникающих в радиоприемном тракте, необходимо

обеспечить АЧХ, близкую к идеальной, высокую линейность частотного детектора и усилителей, а также высокую фильтрацию фона.

На практике подобное достигается только в дорогостоящих высококлассных тюнерах. Несмотря на прогресс техники, получить такие же показатели в массовой аппаратуре не удастся. Увеличение девиации частоты в ЧМ передатчике могло бы способствовать улучшению качественных показателей бытовых приемников, однако оно бы привело к расширению полосы частот, занимаемой передачей. Кроме того, обеспечить высококачественный стереофонический прием можно только в стационарных условиях и с ориентированной антенной. Но и в этом случае достигаемые потребительские характеристики ОВЧ ЧМ приемников заметно уступают одноименным характеристикам современной цифровой звуковой техники.

Автомобильные антенны обычно являются ненаправленными, принимают прямые и отраженные сигналы, поэтому при приеме ЧМ сигналов в определенных местах это приводит к снижению уровня сигнала ниже определенного порога, а, следовательно, к преобладанию шумов, ухудшающих качество приема или приводящих к полной его потере.

Качество приема также значительно зависит от рельефа местности. В регионах, где преобладает холмистая местность, (например, Жиззахская область, состоящая из множества сопок) добиться качественного приема радиостанций ОВЧ ЧМ (FM) невозможно.

Одним из основных недостатков этого вида передачи также является незначительная площадь покрытия радиовещанием одним РПДУ.

Для разработки тенденции развития радиовещания в нашей стране необходимо учитывать, что в Узбекистана:

- 162 районов и 118 городов, по общей численности населения занимает третье место среди стран, входящих в состав СНГ
- Из-за жаркого и сухого климата, преобладания горного и пустынного ландшафтов в Узбекистане, жители расселились по территории неравномерно. Население концентрируется в основном в

оазисах. В пустынных районах республики плотность населения очень низкая. Например, в Каракалпакстане, Навоийской области на 1 квадратный километр территории приходится всего 7-9 человек, тогда как в самом густонаселенном регионе Узбекистана - Ферганской долине - около 500 человек на 1 квадратный километр. Это самый высокий показатель плотности населения не только среди стран СНГ, но и один из самых высоких в мире.

- из них 15 315 300 горожан (51,1 %) и 14 679 300 сельских жителей (48,9 %)
- средняя плотность населения составляет 9 человек на один квадратный километр,
- пустыня занимает практически 30 % территории страны;
- значительная часть более населенной части территории имеет холмистый рельеф местности, где использование РПДУ ОВЧ ЧМ (ФМ) весьма затруднительно[9].

Исходя из этого следует, что несмотря на высокое качество, панацеей ОВЧ ЧМ (ФМ) вещание быть не может, а должно органично вписываться в общую структуру аналогового вещания, занимая в ней строго определенную нишу.

Рассмотрим еще одну исторически сложившуюся проблему, требующую скорейшего разрешения. А, именно, в 70÷80 годах прошлого века в области развития РПДУ проводилась политика всемерного увеличения их мощности – «умощнения».

Это привело к полному (иногда даже излишнему в малонаселенных Восточных и Северных районах) охвату территории радиовещанием.

Однако, с точки зрения энергопотребления и эксплуатационных затрат, содержать такую сеть мощных и сверхмощных РПДУ крайне затруднительно.

Кроме того, мощные и сверхмощные передатчики создают значительные помехи, что вызывает необходимость увеличивать мощность и у соседних с ними устройств.

В связи с этим, возникла задача «разумощнения» РПДУ. Решая эту задачу, необходимо также оптимизировать площадь «покрытия» местности радиовещанием, организовав его так, чтобы излучением охватывались, в основном, территории, на которых находятся населенные пункты.

Представляет так же большой интерес идея создания в густонаселенных областях высокоэффективной системы синхронного радиовещания.

В обоих случаях при построении сетей необходимо решать ряд практических задач:

- обеспечить каналами подачи радиовещательной программы каждую радиостанцию;
- разработать новый частотный план на основе большого числа маломощных радиостанций;
- разработать семейство (ряд) автономных, необслуживаемых, высоконадежных передающих устройств с низким энергопотреблением на различные уровни мощности (по ГОСТ Р51742-2001 на мощности 0,2 кВт; 0,5 кВт; 1 кВт; 5 кВт; 10 кВт; 25 кВт; 50 кВт).

Построение синхронных сетей радиовещания в Узбекистане позволит:

- при меньших излучаемых мощностях обеспечить заданную напряженность поля в зонах вещания (провести «разумощнение» без ущерба для потребителя);
- сократить расходы на содержание технических средств;
- не увеличивая излучаемой мощности, повысить напряженность поля в зонах приема и существенно улучшить сигнал-помеха;
- при использовании в синхронной сети маломощных радиопередатчиков исключить в темное время суток свойственные частотные (линейные) искажения в «зонах ближних замираний»;

- повысить надежность сети радиовещания, как в случаях возможных аварий отдельных передатчиков, так и при действии помех, создаваемых пространственным лучом мощных дальних радиопередатчиков, работающих в совмещенном канале;
- упростить задачу автоматизации и необслуживаемой эксплуатации технических средств;
- уменьшить помехи, создаваемые зарубежными радиостанциями, работающим в совмещенном канале.

## 2.2. Форматы цифрового радиовещания

Рассмотрев положительные и отрицательные стороны аналогового звукового вещания действующего и гипотетически возможного к применению на территории Узбекистана, сравним его с возможными вариантами цифрового вещания.

Учитывая территорию Узбекистана, первоначально можно было бы предположить, что более уместно в этом случае использовать цифровое спутниковое вещание по типу, как в США SM-Satellite Sirius или в Африке и Азии WorldSpace. Через эти спутники транслируется больше 120 различных радиоканалов с прекрасным качеством. Такой идее подвержены и в настоящее время некоторые специалисты, как правило, мало занимающиеся вопросами радиовещания. Они не учитывают, что для приёма необходимо иметь спутниковое оборудование или специальные радиоприёмники со встроенной мини-тарелкой. Но и это не всё. Для постоянного, уверенного приёма необходимо держать прямую, не заслонённую посторонними предметами, связь между приёмником и спутником. Любая, на первый взгляд малозначительная помеха, как раскачивающаяся под воздействием ветра, ветка дерева перед встроенной мини-тарелкой приёмника, нарушит качественный приём радиостанции. В городских условиях эта проблема многократно возрастает, делая реально малопригодной этот вид связи. Помимо видимых проблем, существует ещё одна – высокая стоимость спутникового вещания. Для надёжной работы данного вида связи, спутники необходимо обновлять каждые 10-12 лет, а это - большие средства. Поэтому многие операторы связи часть программ предлагают только за абонентную плату.

### **2.2.1 Наземное цифровое радиовещание DAB**

(Digital Audio Broadcasting ) схоже с системой FM. В этом случае, приблизительно на каждые 80-100 км ставится свой передатчик, причём в каждом канале может одновременно транслироваться 6 программ, а это прямая и нежелательная конкуренция между коммерческими станциями. В городских условиях подобное может и пройти, но не для малых населённых пунктов. Для государств с большими территориями формат DAB станет слишком дорогим способом распространения программ.

Новейшая технология цифрового наземного телевидения DVB-T позволяет передавать и радиосигнал. Но здесь ситуация аналогичная с форматом DAB, а именно, маленькие площади покрытия и большая конкуренция.[2]

### **2.2.2 Стандарт HD-Radio**

Ещё один стандарт, изобретённый в США – HD-Radio приспособлен исключительно для FM и СВ диапазонов с распространением сигнала по трём каналам передачи, что уже само по себе не подходит, например, для Узбекистана. Ко всему прочему, это частная разработка, действующая только за абонентскую плату. При этом, что очень важно, HD-Radio формат не приспособлен для ионосферного распространения сигнала в СВ диапазоне. А это значит, что в тёмное время суток трансляция на средних волнах может идти только в аналоговом режиме, либо в противном случае их можно просто отключать.

Кардинально иная картина с цифровым методом передачи сигналов на длинных, средних и коротких волнах (в настоящее время принято решение развивать систему стандарта в диапазоне от 26МГц вплоть до 108МГц FM диапазона – технология DRM+) в формате DRM. Здесь способ не подходит для Узбекистана, из за того что DRM рассчитана на передачу радиоволн на большие территории. (Технология DRM+ позволит разместить в 6 раз больше радиоканалов в диапазонах частот I (48,5 – 74,0 МГц) и II (76,0 – 108,0 МГц).

На 2008 год намечено первое испытание новой расширенной разработки. Дальнейшая её судьба будет зависеть от потребностей и интереса рынка).

Одним из основных достоинств нового стандарта DRM, в отличие от многих других стандартов, является органичное вписывание его в имеющиеся частотные планы без их какого-либо нарушения. Это позволяет проводить весьма ускоренную, экономичную модернизацию действующих на радиоканалах аналоговых РПДУ не реконструируя антенно-фидерные устройства (АФУ).

### **2.2.3. Система передачи данных в формате DRM**

Система передачи данных в формате DRM работает по принципу передачи данных на многих несущих. В то время, как в аналоговой технологии используется только одна несущая с передачей одинаковой информации в обеих боковых полосах, то в «цифре» закодированный сигнал распределяется почти по 200 несущим. Информация, прежде чем дойти до радиослушателя, проходит сложный путь, сохраняя качество звука путём цифрового кодирования. Подобная технология передачи сигнала позволяет повысить помехоустойчивость. При аналоговых трансляциях сигнал под влиянием помехового фона начинает слабеть до полного затухания. Цифровой же сигнал будет проходить практически без помех до тех пор, пока не будет превышен уровень допустимого порога помех. Как только этот порог будет превышен, то звук исчезает напрочь. Особенность передачи сигнала в формате DRM именно в отсутствии плавного перехода ( graceful degradation ), от хорошего качества трансляции к плохому: приём либо идеальный, либо вообще нет никакого.

Одним из преимуществ стандарта DRM является и используемый им современный и совершенный алгоритм кодирования MPEG 4 AAC+ SBR (Motion Pictures Expert Group/ Advanced Audio Coding /Spectral Band Replication), позволяющий кодировать аналоговый сигнал в «цифру» и после передачи снова переводить его в аналог. Подобное кодирование сигнала позволяет передавать поток данных в 15 кГц в ВЧ канале с полосой

пропускания всего в 9 или в 10 кГц с качеством, близким к качеству FM звучания. То есть, формат DRM обеспечивает более рациональное использование частотного ресурса. Скорость цифрового потока в данном случае может не превышать 24 кбит/с. И это даже с передачей звука в стерео режиме! Дополнительно существует и более экономный низкоскоростной (3-11 кбит/с) алгоритм кодирования, предназначенный для речевой передачи звука в моно режиме. Подходит он идеально под формат информационного радиовещания, как передачи сводок новостей, погоды, ситуации на дорогах и различных объявлений. Подобный сверхэкономный вариант кодирования может быть привлекательным для иновещания - для одновременной передачи речевой информации, например, трансляции программ на разных языках с одного передатчика.

Таким образом, одним из основных аспектов цифровых методов передачи является высокая их эффективность в условиях сильных помех и более рациональное использование радиочастотного ресурса.

Цифровая обработка сигналов и методы цифровой связи приводят к новым применениям, включая мобильный компьютер, факсимильный аппарат и другие мобильные услуги по обработке информации. Высокая помехоустойчивость позволяет системам ЦРВ либо превзойти по эффективности использования РЧС системы аналогового радиовещания (на частотах выше 30 МГц), либо в полосах аналогового вещания обеспечить существенно более высокие стандарты качества услуги.

Преимущества цифровой реализации основаны также на том обстоятельстве, что цифровая техника переживает быстрые и впечатляющие темпы улучшения характеристик, снижения стоимости и потребляемой мощности.

Успехи технологии сверхвысокого порядка интеграции элементов сделали цифровую обработку сигналов вещания и их цифровую передачу по радиоканалам более эффективной, нежели аналоговая обработка и аналоговые

методы передачи. К наиболее эффективным методам цифровой обработки и передачи звуковых вещательных сигналов относятся:

- преобразование и кодирование (*кодирование источника*), позволяющие эффективно устранить избыточность в таких сигналах, благодаря чему в несколько раз уменьшить скорость передаваемого цифрового потока по сравнению с методами ИКМ;

- помехоустойчивое кодирование канала - кодирование с исправлением ошибок, представляющее собой метод обработки сигналов, предназначенный для увеличения надежности их передачи по цифровым каналам за счет специально вводимой избыточности. Такая обработка, в сочетании с процедурой перемежения сигналов по времени и частоте, приводит к существенному повышению энергетической эффективности систем цифрового вещания, значительному повышению их помехоустойчивости. Цифровые системы вещания имеют более высокие характеристики по сравнению с аналоговыми системами в условиях сильных соканальных помех и помех по соседнему каналу. Возможность работы систем ЦРВ в условиях сильных помех повышает эффективность использования РЧС, обеспечивает возможность совместной (аналоговой и цифровой) передачи звуковой программы в одном радиоканале;

- новейшие методы цифровой модуляции позволяют повысить эффективность использования РЧС по сравнению с аналоговыми методами. Прежде всего, речь идет о спектральных методах модуляции, при которых процессы модуляции и демодуляции производятся над сигналами, представленными в частотной области;

- применение цифровых методов для синхронизации, передачи управляющих сообщений и контроля параметров позволяет значительно снизить потери на передачу вспомогательной информации, обеспечивающей функционирование аппаратуры как системы синхронной связи;

- цифровые системы позволяют относительно легко реализовывать архитектуры с гибко изменяемой шириной полосы частот - как в

радиочастотном диапазоне, так и в диапазоне звуковых частот (основной полосе);

- цифровая технология позволяет вводить новые услуги, которые не поддерживались аналоговыми системами вещания, например, прием, совместно с радиовещательными программами, большого объема текстовой информации различного назначения, дополнительных сведений и данных, существенно повышающих качество услуги и расширяющих ее объем.

Благодаря применению эффективных методов цифровой обработки и передачи звуковых вещательных сигналов достигаются следующие дополнительные преимущества:

- возможность, при соответствующем выборе метода кодирования, практически полной коррекции искажений, возникающих в тракте передачи;

- возможность приема звуковых программ в условиях селективных как по частоте, так и по времени замираний, обусловленных многолучевым характером распространения радиоволн и меняющейся во времени картиной их отражений от местных предметов при приеме на подвижном объекте;

- экономичное использование радиочастотного спектра. В зависимости от используемого диапазона частот это позволяет осуществлять передачу либо большого количества звуковых программ в одном блоке (на частотах выше 30 МГц), либо цифровой звуковой программы с полосой до 10 кГц и более в канале, совмещенном с каналом аналогового радиовещания (на частотах ниже 30 МГц);

- передача на малой мощности, позволяющая эффективно декодировать сигнал при отношении несущей к шуму (Н/Ш) порядка 5 дБ. Для сравнения: удовлетворительный прием в ОВЧ ЧМ системе реализуется при Н/Ш не менее 40 дБ. Сказанное иллюстрирует график 1, на котором показана зависимость качества радиоприема (по субъективной ориентировочной оценке слушателей) от отношения несущая/шум;

- высокая технологичность радиоприемников и другого цифрового оборудования. Так, многоцелевые программируемые цифровые сигнальные

процессоры позволяют выполнять цифровые модуляторы и демодуляторы на полностью программной основе.

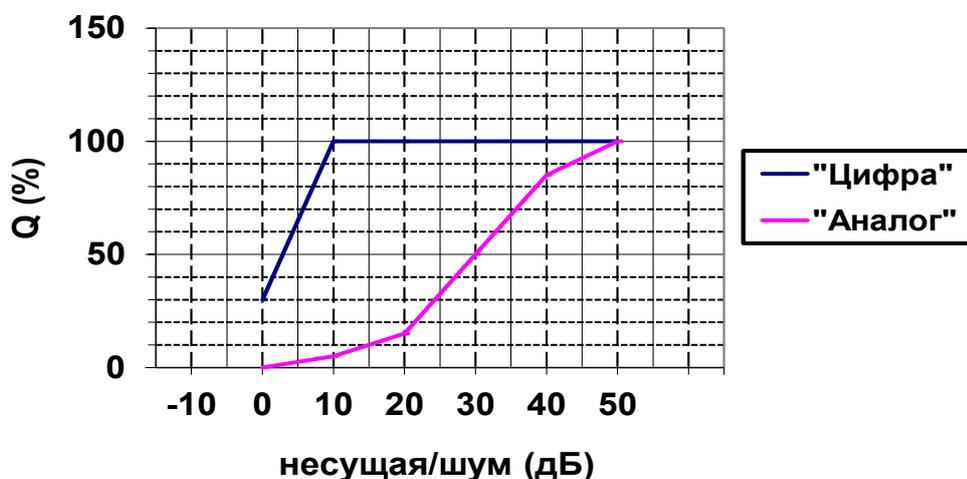


График 2.1 Зависимость оценки качества радиоприема  $Q$  от отношения уровней несущей к шуму.

В результате существует устойчивая тенденция к непрерывному уменьшению стоимости цифровых систем.

Радиовещательные компании заинтересованы в безупречном качестве приёма своих программ. Формат DRM как нельзя лучше подходит для этой цели. Одновременно в формате DRM возможно использовать различные режимы передачи сигнала, которые могут применяться разными по назначению радио службами: как гражданскими, служебными, например транспортными управлениями, медицинской помощи и т.п., так и специальными, например, службы МВД, МЧС, МО и т.п.

Это может осуществляться при условиях ионосферного распространения радиоволн в достаточно более экономичном режиме с пониженной скоростью цифрового потока, правда при этом и качество звука может немного пострадать. Для подстраховки качества, улучшения приёма возможен вариант трансляций одного и того же сигнала на разных частотах из разных передающих точек. Приёмник сам настроится на лучшую частоту и

по ходу изменения качества трансляции может самостоятельно перейти с одной частоты на другую, качество прохождения которой на данный момент лучше.

Есть ещё один вариант для бесперебойного приёма – работа на общей волне. Для этого один и тот же сигнал передаётся одновременно на одной и той же частоте в один и тот же регион, но из разных передающих точек. Таким способом удаётся достичь уверенного приёма даже в диапазоне коротких волн при ионосферном распространении.

Как и большинство цифровых технологий, формат DRM позволяет не только существенно улучшить качество передачи аудиоданных, доведя его до уровня CD дисков, но и предоставить слушателям и операторам дополнительные сервисные возможности. Одновременно с передачей звукового сигнала формат DRM позволяет передавать текстовую, а в определённых случаях (если DRM приёмник имеет соответствующие функции и дисплей) и видеоинформацию к программе или независимо от неё. Об этих возможностях приёма дополнительной информации более подробно будет рассказано далее. Это могут быть данные:

- о прогнозе погоды;
- о положении на дорогах;
- показ названия рубрики передачи, а также имени автора и ведущего;
- показ названия музыкальной композиции, исполнителя;
- вызов на дисплее текста или видеосюжетов самых актуальных новостей;
- вызов на дисплей видеосюжетов самых острых моментов происходящих;  
*в спортивных матчах или соревнованиях;*
- возможность ауди записи особо важных сообщений, в память; приёмника для последующего прослушивания или просмотра;
- возможность коммутации с мобильными средствами связи;

- Эта возможность обеспечивает при определённом построении; системного блока DRM приёмника вхождение в Интернет, а, соответственно, и электронную почту;
- представление данных о приёме всех станций в месте нахождения радиослушателя;
- выбор желаемой станции посредством маркировки её на дисплее приёмника;
- автоматический, незаметный для радиослушателя переход на более лучшую по качеству частоту;
- просмотр (при наличии в DRM приёмнике соответствующей функции) постоянно закачиваемых данных в долговременную память DRM приёмника, которая может составлять десятки – сотни ГБт, концертов, фильмов, аудиокниг, актуальных статей и другой самой разнообразной информации. Эта услуга должна быть платной, поскольку будет подключена к платным серверам;
- загрузка и постоянное обновление программного обеспечения и актуализация уже имеющегося, например, в навигационных системах транспортных средств путём передачи данных на КВ по всему миру;
- представление экономических, консультационных, юридических и других данных по требованию (заказу) слушателя (абонента). Эта услуга должна быть платной, поскольку будет подключена к платным серверам;
- представление рекламных роликов, текстовой и звуковой рекламной информации о товарах различных предприятий, фирмах, туризме, строительстве, квартирах, загородных домах, продаже, покупке и т.д.
- представление требуемых информационных услуг по закрытым каналам различным государственным и коммерческим службам: МВД, МЧС, МО, медицина, транспорт, банки, биржи, энергетика, газ и многим другим.

Примеры сервисных возможностей цифрового формата DRM этим не ограничиваются, а могут быть далеко продолжены с учётом построения соответствующих бизнес-планов и анализа экономики вопроса. Ведь подавляющее большинство сервисных возможностей радиостанций, работающих в цифровом формате DRM, должны быть платными, а прибыль перераспределяться в соответствующих пропорциях между всеми поставщиками тех или иных сервисных услуг. Это делает цифровой формат DRM (в отличие от многих других форматов) особо привлекательным с экономической, коммерческой точек зрения и быстро окупаемым.

Отметим ещё одно из основных достоинств цифрового формата DRM, связанное с энергопотреблением радиопередающих устройств (РПДУ), работающих в цифровом формате.

Для аналогового режима (АР) и РПДУ с АМ справедливы соотношения мощностей:

При максимальной пиковой мощности  $R_{\text{пик.}} = R_{\text{нес.}}(1+m)$ , (при  $m = 1$ ,  $R_{\text{пик.}} = 4R_{\text{нес.}}$ ) излучаемой передатчиком в аналоговом режиме (АР), средняя излучаемая мощность равна  $R_{\text{ср.}} = R_{\text{нес.}}(1+m^2\text{ср.}/2)$ , где  $m$  – индекс АМ, а  $R_{\text{нес.}}$  — мощность несущей частоты передатчика. При  $m_{\text{ср.}} = 0,65$  (для реальных речевых и музыкальных программ) средняя излучаемая мощность передатчиком в АР режиме составит  $R_{\text{ср.}}$  для АР =  $1,4225 R_{\text{нес.}}$ , а пик-фактор по мощности:  $\mathbf{pAP} = R_{\text{пик.}} / R_{\text{ср.}}$  для АР = **2,8**[4] .

Для цифрового режима (ЦР) и работы РПДУ в однополосном режиме (ОМ) справедливы соотношения мощностей:

$R_{\text{пик.}} = 0,1 R_{\text{ср.}}$  для ЦР., а пик-фактор по мощности:  $\mathbf{pAP} = R_{\text{пик.}} / R_{\text{ср.}}$  для ЦР = **10**.

Таким образом, при одинаковых пиковых мощностях  $R_{\text{пик.}}$  передатчиков, передатчик в ЦР излучает мощность в  $10/2,8 = \mathbf{3,57}$  раза меньшую, чем передатчик, работающий в аналоговом режиме (АР). В передатчиках с АР мощность излучения делится строго пополам в соответствии с двумя излучаемыми полосами, а в передатчиках с ЦР вся

излучаемая мощность приходится на одну полосу, поскольку режим ОМ. Поэтому для получения информативной одинаковой способности можно понизить излучаемую мощность передатчиков с ЦР по сравнению с АР ещё вдвое, т.е. в итоге в **7,14раза**. Учитывая физические свойства распространения радиоволн при однополосной модуляции (ОМ), а также процессы, происходящие во входных избирательных цепях приёмников ОМ сигналов, можно показать, что итоговая цифра соотношения излучаемых мощностей передатчиков, работающих в АР и ЦР, достигнет **10 – 12 раз**. Из этого следует, что при одинаковых промышленных коэффициентах полезного действия (это необходимое условие!), передатчики в ЦР потребляют в **10 – 12 раз** меньшую мощность, чем передатчики в АР (при одинаковой информационной способности). Это огромный экономический эффект цифровых передатчиков по сравнению с аналоговыми РПДУ особенно важен, если учесть всё возрастающую стоимость электроэнергии.

Обобщив проведённый анализ, можно заключить, что радиовещатели получают в пользование уникальную, универсальную, унифицированную, приведённую к общему знаменателю цифровых технологий, радиосистему передачи сигналов, работающую в полном спектре несущих частот, начиная с длинных волн и заканчивая FM диапазоном – систему DRM цифрового вещания.

### **Вывод.**

На второй главе приводится сравнительный анализ существующих видов аналоговых и цифровых форматов, используемых в радиовещание. Более подробно разъяснено преимущество и недостатки аналогового и цифрового радиовещание.

Кроме этих особенностей рассматриваются основные характеристики существующих систем эфирного радиовещание. Перечислены некоторые стандарты цифрового радиовещание как DAB, HD-Radio, DRM.

## **ГЛАВА 3. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ЦРВ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЕ К СИСТЕМАМ ЦРВ.**

### **3.1 Оптимальный вариант выбор частоты для ЦРВ.**

Системы цифрового радиовещания (ЦРВ) позволяют либо превзойти по эффективности использования РЧС (радиочастотного спектра) системы аналогового радиовещания (на частотах выше 30 МГц), либо в полосах аналогового вещания обеспечить существенно более высокие стандарты качества услуги. Преимущества цифровой реализации основаны также на темпах улучшения характеристик, снижения стоимости и потребляемой мощности.

В настоящее время во всем мире для работы в диапазонах ДВ (длинные волны), СВ (средние волны), КВ (короткие волны), ДЦВ (дециметровые волны), МВ (метровые волны) и в диапазоне L внедряются следующие технологии цифрового звукового радиовещания (ЦЗРВ): DRM, Eureka-147 (DAB), DVB, DARS, ISDB, IBOC (HD Radio), IP, PABIC (AVIS) и т.д.

Распределение технологий ЦРВ по диапазону имеет следующий вид:

- Длинные, средние и короткие волны (<30МГц) - DRM30 (Digital - Radio Mondiale);
- Диапазон I (47-68 МГц) - DRM+;
- Диапазон II (87.5-108 МГц) - FM, DRM+, HD Radio;
- Диапазон III (174-230 МГц) - DAB, DVB-T, DMB;
- Диапазон IV и V (470-862 МГц) - DVB-T/DVB-H;
- Диапазон L (1452-1490 МГц) - DAB, DMB, Спутниковое радио.

Варианты построения технологий ЦРВ представлены в таблице 3.1.

В виду очевидной перспективности, приоритетом внедрения цифровых радиотехнологий обладают технологии общеевропейских стандартов Eureka 147/DAB и DRM (соответственно в диапазонах ОВЧ и УВЧ (ультравысокие частоты) и на частотах ниже 30 MHz), вобравших в себя последние достижения технологии цифрового звукового вещания.

Цифровое радиовещание **DAB (Eureka 147)** [2] было рекомендовано Международным союзом электросвязи в 1995 году. Система цифрового радиовещания DAB (Digital Audio Broadcasting), или "Цифровая система А" по классификации Европейского Радиовещательного Союза (European Broadcasting Union - EBU), была разработана в рамках международного исследовательского проекта Eureka 147. Впоследствии система DAB была принята EBU в качестве общеевропейской и рекомендована для внедрения во всем мире Межсоюзной технической комиссией всемирной конференции радиовещательных союзов (Inter-Union Technical Committee of the World Conference of Broadcasting Unions) и Международным Союзом электросвязи - ITU - R [6]. В настоящее время « Eureka-147/DAB» является наиболее совершенной и фактически единственной реально широко внедренной из всех разработанных систем ЦРВ для диапазона УКВ.

Наземная цифровая радиовещательная система DAB имеет ряд возможностей такие как: высокая надёжность при мобильном приеме (до 300 км/ч); возможность построения SFN; звук с MPEG Layer II (192-256 кбит/с для хорошего качества стерео, 128 кбит/с для нормального качества); услуги передачи данных; более 350 моделей приемников.

Также имеется обновленная версия DAB+, которая имеет ряд преимуществ в отношении предоставления дополнительных услуг, такие как: хорошее качество звука на низких скоростях (64 кбит/с для хорошего качества стерео, 48 кбит/с для нормального качества) – больше аудио программ и других услуг; в DAB+ для сжатия данных используется метод HE AAC v2, и в одном мультиплексе DAB+ может вместить от 12 до 18 каналов; прием DAB+ осуществляется без помех; DAB+ приемники могут принимать все DAB сигналы.

Таблица 3.1.

Наименование системы	Вариант построения			Диапазон рабочих частот	Возможность мобильного приёма
	Наземная	НЦРВ	НСС		
T-DAB (Eureka-147/DAB)	+	-	-	ОВЧ+УВЧ (-1,5 ГГц)	Гарантирован а
DRM	+	-	-	НЧ,СЧ,ВЧ	Гарантирован а
AM IBOC DSB	+	-	-	СЧ	Гарантирован а
IBAC и IBOC	+	-	-	ОВЧ	Ограничена
S-DAB (Media-Star)	-	+	+	УВЧ	Ограничена
World Space	-	+	-	УВЧ	Ограничена
Sirius Satellite Radio	-	+	+	УВЧ	Отсутствует
XM Satellite Radio	-	+	+	УВЧ	Отсутствует
DSR	-	+	-	СВЧ	Отсутствует
ADR	-	+	-	СВЧ	Отсутствует
Digital System E	-	+	+	УВЧ	Отсутствует

В настоящее время в Великобритании 385 национальных, региональных и местных радиостанций используют DAB. В Германии 150 цифровых радиостанций. В Дании 100% населения может принимать цифровое радио. В Финляндии больше половины

населения могут принимать эфирные программы ЦРВ в двух мультиплексах. На данный момент DAB приняли не только страны Европы, но и Канада, Китай, Южная Корея, Индия, Австралия и ряд других государств. Реальные DAB сервисы уже действуют в большей части стран Европы, в Канаде, Тайване и Южной Корее. Тестовые запуски проходят в ЮАР и Турции. Растёт интерес к технологии в Южной и Латинской Америках, в странах Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии.

Принципиально иное решение цифрового радиовещания предусматривается в стандарте Digital Radio Mondiale (DRM) [8]. Вещание в стандарте DRM изначально осуществляется на частотах ниже 30 МГц с использованием радиопередатчиков с АМ (амплитудная модуляция); с 2002 г. началось опытное вещание, а регулярное вещание с 2003 г.

По мнению консорциума DRM для достижения коммерческого успеха цифровой системы вещания в диапазонах с АМ, она должна удовлетворять следующим требованиям: более высокое качество звука и надежность приема, чем у АМ вещания; совместимость с существующим частотным планом АМ вещания, возможность дальнейшего развития; обеспечение постепенного перехода от аналогового к полностью цифровому радиовещанию; максимально возможное использование существующего передающего оборудования; возможность производства дешевых радиоприемников.

На основе последующих исследований DRM возродилась как универсальная, открытая, стандартизированная система цифрового радиовещания для всей радиовещательной полосы частот до 174 МГц,

включая полосы длинных волн (ДВ), средних волн (СВ), коротких волн (КВ), I и II диапазоны (FM полоса).

DRM имеет две основные типовые стандарты: стандарт DRM30 - для применения в коротких и средних диапазонах волн (до 30 МГц), а также DRM+ для частот от 30 до 174 МГц (рис.3.1).

Использование DRM30 позволяет вещателю обеспечить слушателя в значительной степени улучшенным качеством звука и надежностью услуги. В результате, международные вещатели могут вещать на КВ и СВ, качество звука которых сопоставимы с местным FM вещанием.

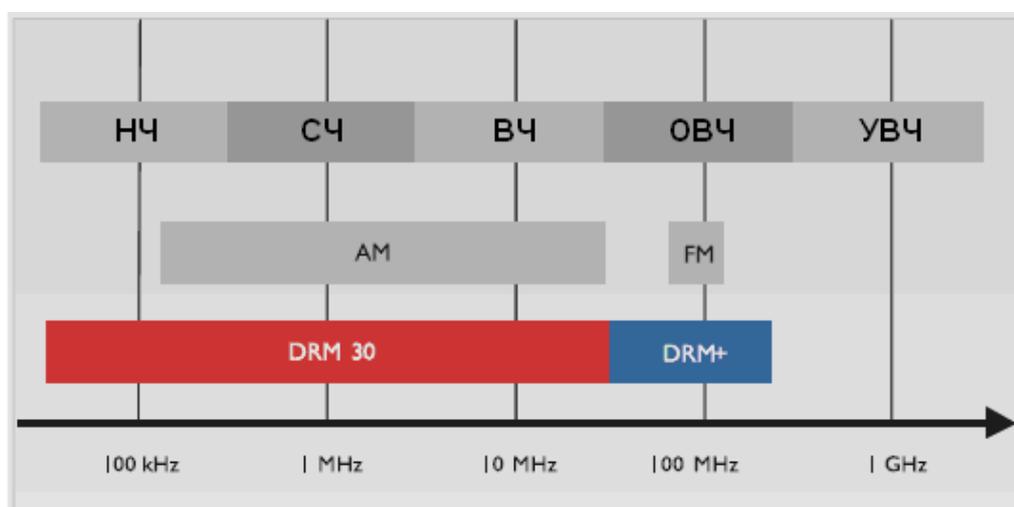


Рис. 3.1. Полосы частот DRM

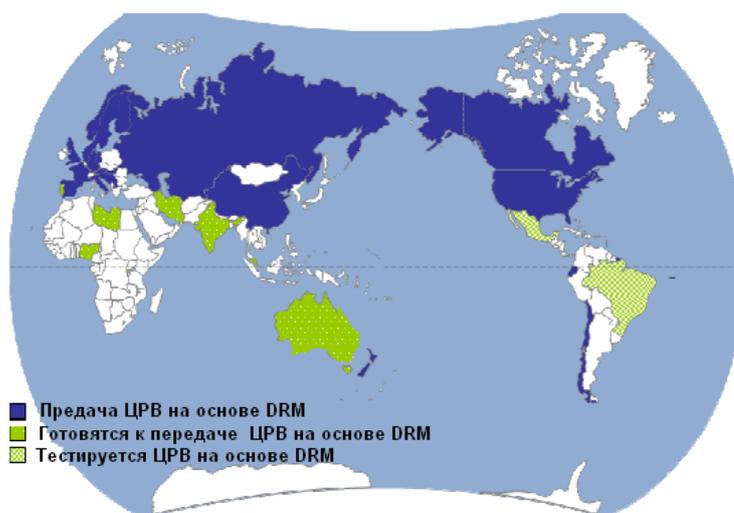


Рис. 3.2. Применение DRM в мире

**DRM+** — это расширение стандарта на частоты до 108 МГц. Новая система использует логическую структуру и существующие наработки стандарта DRM, изменены только параметры OFDM модуляции для ширины Моделирование зоны охвата при передаче сигнала в формате DRM+ (16 QAM) и ЧМ сигнала показало, что мощность передатчика цифрового сигнала может быть на 12 дБ меньше мощности передатчика ЧМ сигнала при одинаковой зоне охвата. Используя 4QAM модуляцию поднесущих цифрового сигнала OFDM, разница мощности может составлять до 20 дБ [5]. На рис. 3 представлены сравнительные данные по распределению в диапазонах волн основных технологий ЦРВ стандартов DAB, DRM, DRM+ и HDradio.

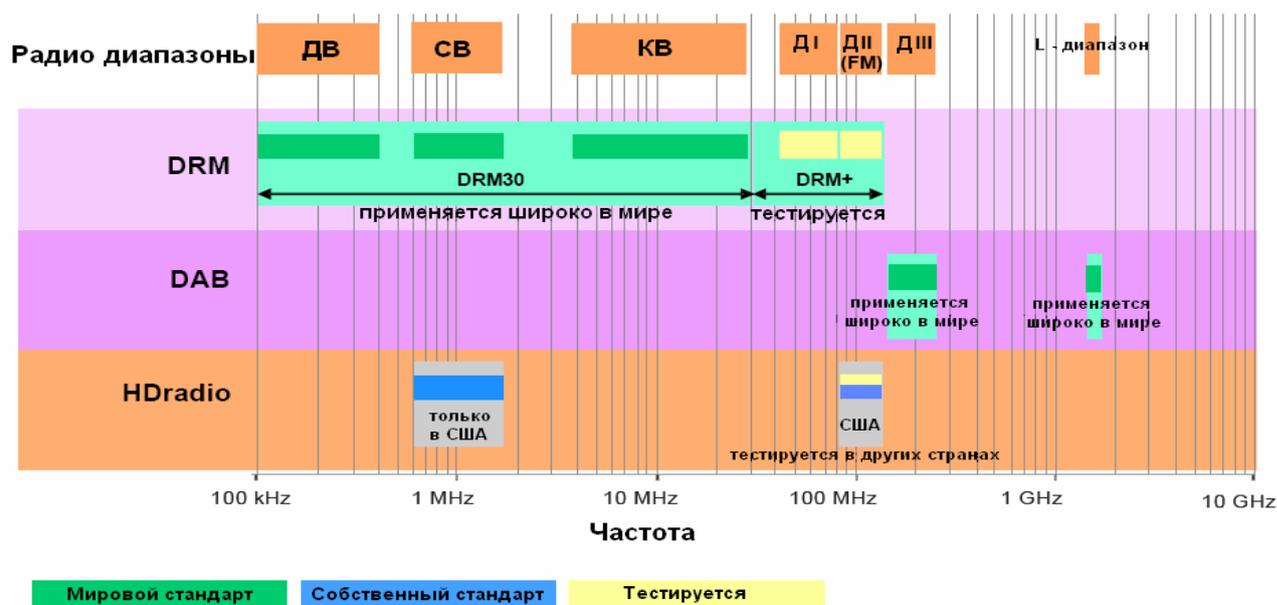


Рис. 3.3. Распределение по диапазонам основных технологий ЦРВ стандартов DAB, DRM, DRM+ и HDradio

Моделирование зоны охвата при передаче сигнала в формате DRM+ (16 QAM) и ЧМ сигнала показало, что мощность передатчика цифрового сигнала может быть на 12 дБ меньше мощности передатчика ЧМ сигнала при одинаковой зоне охвата. Используя 4QAM модуляцию поднесущих цифрового сигнала OFDM, разница мощности может составлять до 20 дБ [5]. На рис. 3 представлены сравнительные данные по распределению в

диапазонах волн основных технологий ЦРВ стандартов DAB, DRM, DRM+ и HDradio.

В настоящее время для аналогового звукового радиовещания используются КВ (короткие волны) диапазон (9 передатчиков ЦРРТ) и FM полосы. Для радиовещания в этом диапазоне в Узбекистане выделены следующие полосы частот: 68 - 74 и 87,5 - 108 МГц. В Ташкенте диапазон 87,5 - 108 МГц заполнен, в других городах количество радиостанций варьирует в пределах от 1 до 10. В итоге на данный момент по республике в FM диапазоне насчитывает 52 радиостанций с 438 задействованными частотными присвоениями.

В настоящее время в целях изучения перспективы внедрения ЦРВ в Республике Узбекистан проводится научно - исследовательская работа. Предполагается что результаты этой научно - исследовательской работы будут полезны для решения относительно вопросов организации ЦРВ в Республике Узбекистан. Организацию цифрового звукового радиовещания в Узбекистане необходимо осуществлять с учетом мировых тенденций внедрения новых технологий. Следовательно, для Узбекистана очень важен выбор системы ЦЗР и начало осуществления перспективного плана внедрения сетей ЦРВ.

В заключение отметим, что DRM и DAB не конкурирующие, а дополняющие друг друга технологии. Так как основу обоих разработчиков технологии составляют одни и те же компании, целью компаний является развитие обеих систем. Для выбора определенной технологии с целью внедрения ЦРВ необходимо выбирать с учетом индивидуальных возможностей и назначений той или иной технологий.

Еще одна из основных возможностей цифрового формата DRM, связанное с энергопотреблением РПДУ, работающих в цифровом формате то, что при одинаковых пиковых мощностях  $P_{\text{пик}}$  передатчиков, передатчик в ЦР (цифровой режим) излучает мощность в  $10/2,8 = 3,57$  раза меньшую, чем передатчик, работающий в АР (аналоговый режим).

В сентябре 2001 г. стандарт системы DRM утвержден EBU в качестве общеевропейской [9] и рекомендована МСЭ для внедрения во всем мире. На рис. 2 представлено состояние внедрения технологии ЦРВ стандарта DRM в мире.

## **3.2. Общие технические требования**

### **3.2.1 Модулятор**

#### **Требования назначения**

Модулятор должен обеспечивать формирование радиосигналов в диапазонах частот:

0,1485 – 0,2835 МГц (далее – НЧ);

0,5265 – 1,6065 МГц (далее – СЧ);

3,95 – 26,10 МГц (далее – ВЧ).

Модулятор должен формировать модулированный сигнал в соответствии с требованиями национального стандарта «Система цифрового радиовещания DRM в диапазонах частот ниже 30 МГц. Технические основы» (в разработке) [8].

#### **3.2.2. Требования к интерфейсам**

Вход мультиплекса MDI должен иметь следующие интерфейсы:

- RS-232. Скорость не менее 115,2 кбит/с, формат передачи 8N1 (8 бит данных, без контроля четности, 1 стоп-бит), без контроля потока данных;
- Ethernet. Сетевое соединение Ethernet должно использоваться для передачи IP- пакетов (IP через Ethernet), интерфейс 10/100 Base-T.
- дополнительно допускается использование иных интерфейсов (ASI, USB и пр.)

Радиочастотный выход должен быть рассчитан на нагрузку 50 Ом и иметь уровень выходного сигнала не менее 0 дБм.

Модулятор должен иметь выходы амплитудной и фазовой составляющей радиосигнала для модуляции передатчиков по методу Кана.

Выход фазовой составляющей должен быть рассчитан на нагрузку 50 Ом и уровень выходного сигнала должен быть не менее 0 дБм.

Выход амплитудной составляющей должен быть рассчитан на нагрузку 600 Ом, Выход амплитудной составляющей должен быть рассчитан на нагрузку 600 Ом, 80 кГц.

В качестве выхода фазовой составляющей сигнала может использоваться В качестве выхода фазовой составляющей сигнала может использоваться систему управления модулятором. Модулятор должен иметь интерфейс дистанционного управления и мониторинга Ethernet 10/100 Base-T.

Должны быть предусмотрены входы внешней синхронизации для работы модулятора в составе оборудования в одночастотной сети:

– 1 Гц, меандр, амплитуда импульса от 2,7 до 5 В, входное сопротивление  $(50 \pm 5)$  Ом;

– 10 МГц, синусоидальный сигнал с амплитудой от 0,05 до 1,5 В, входное сопротивление 50 Ом при затухании несогласованности не менее 18 дБ.

### 3.2.3. Требования электромагнитной совместимости

Требования к параметрам электромагнитной совместимости оборудования модулятора приведены в таблицах 1 – 3.

Допустимые уровни напряжения радиопомех, создаваемых оборудованием модулятора на сетевых зажимах в полосе частот от 0,15 до 30 МГц, соответствуют требованиям, приведенным в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Допустимые уровни напряжения радиопомех, создаваемых оборудованием модулятора на сетевых зажимах в полосе частот от 0,15 до 30 МГц

Таблица 3.2

Полоса частот, МГц	Напряжение, Ус, дБмкВ, не более	
	Квазипиковое	Среднее значение
От 0,15 до 0,5	66 – 56	56 – 46
От 0,5 до 5	56	46
От 5 до 30	60	50

Внешняя внеполосная помехоустойчивость оборудования модулятора при воздействии электромагнитного поля в полосе частот от 0,15 до 1000 МГц должна быть не менее 125 дБ/мкВ. Внешняя внутриполосная помехоустойчивость оборудования модулятора при воздействии

электромагнитного поля в полосе частот от 0,15 до 1000 МГц должна быть не менее 106 дБ/мкВ. Допускается временное ухудшение качества функционирования оборудования модулятора с последующим восстановлением функционирования без вмешательства оператора.

Максимально допустимое относительное отклонение рабочей частоты от номинального значения в течение 24 часов должно находиться в пределах  $\pm 10$ -6. Отклонение выходной мощности от номинального значения должно лежать в пределах  $\pm 1$ дБ. Среднеквадратическое значение коэффициента ошибок модуляции (MER) при работе модулятора в любом из режимов устойчивости А, В, С, D (из требований проекта национального стандарта [8] п. 3.3) должно быть не менее 36 дБ.

Ширина полосы частот внеполосных радиоколечаний модулятора в области отстроек  $\pm (0,5F \dots 3F)$  относительно центральной частоты не должна превышать значений, приведенных в таблицах 5 и 6 и должна находиться в пределах маски огибающей внеполосных радиоколечаний, приведенной на рисунках 1 и 2.

Относительный уровень любого побочного радиоколечания модулятора не должен превышать минус 30 дБ для гармоник рабочей частоты и минус 50 дБ для негармонических составляющих побочных радиоколечаний по отношению к мощности основного радиоизлучения.

### **3.2.4. Требования к средствам измерений**

#### **Контрольный приёмник DRM**

Должен соответствовать требованиям национального стандарта «Система цифрового радиовещания DRM в диапазонах частот ниже 30 МГц. Контрольный радиоприемник. Общие технические требования» (в разработке).

Диапазон рабочих частот: НЧ, СЧ, ВЧ.

Диапазон измерения MER: до 40 дБ с точностью не хуже  $\pm 1$  дБ.

Диапазон измерения BER: 10-6 – 10-3.

Относительная точность измерения частоты принимаемого сигнала: не хуже  $\pm 10^{-7}$ .

### **Анализатор спектра**

Диапазон рабочих частот: 0,1 – 80 МГц.

Диапазон уровней входных сигналов: от минус 115 до 23 дБм.

Точность измерения уровня сигнала: не хуже  $\pm 1$  дБ.

Точность измерения частоты: не хуже  $\pm 10^{-7}$ .

### **ВЧ-ваттметр**

Диапазон рабочих частот: НЧ, СЧ, ВЧ.

Диапазон измерения мощности сигнала: от минус 10 до +20 дБм.

Точность измерения мощности сигнала: не хуже  $\pm 0,2$  дБм.

### **Генератор НЧ**

Диапазон частот: 30 Гц – 15 кГц.

Неравномерность АЧХ: не более  $\pm 0,2$  дБ.

Коэффициент гармоник: не более 0,15 %. [8]

### 3.3. Концептуальная блок-схема передающей части системы DRM

Концептуальная блок-схема передающей части системы



Рис. 1. Концептуальная блок-схема передающей части системы DRM

представлена на рис.3.3.

Как следует из рисунка, обработка сигналов, поступающих от создателей радиовещательных программ, производится в несколько этапов.

Первый этап – это кодирование (сжатие, компрессия) сигналов. Цель кодирования – снижение скоростей передачи цифровых потоков, поступающих на вход передающей части DRM.

При ограниченной пропускной способности канала передачи сигналов DRM это позволяет увеличить количество передаваемых

программ. Такое кодирование не должно приводить к заметному ухудшению качества звуковоспроизведения на приемной стороне по сравнению с исходным звуковым сигналом.

В системе DRM применяются три разновидности метода кодирования цифровых звуковых сигналов MPEG-4 Audio (стандарты ISO/IEC 14496-3, ISO/IEC 14496-3/Amd1): MPEG-4 AAC, MPEG-4 CELP и MPEG-4 HVXC.

Метод MPEG-4 AAC (Advanced Audio Coding – усовершенствованное звуковое кодирование) применяется для обработки относительно широкополосных звуковых сигналов (ЗС).[2]

При этом в системе DRM может выполняться дополнительная обработка ЗС с помощью метода Spectral Band Replication (SBR – копирование спектральных полос).

Применение метода SBR позволяет расширить диапазон воспроизводимых частот ЗС более чем в 2 раза за счет воссоздания высокочастотных составляющих спектра ЗС. При этом используется информация, содержащаяся в более низкочастотных спектральных составляющих ЗС.

Методы кодирования MPEG-4 CELP (Code Excited Linear Prediction – линейное предсказание с кодовым возбуждением) и

MPEG-4 HVXC (Harmonic Vector eXcitation Coding – кодирование с гармоническим векторным возбуждением) применяются для передачи речевых сигналов с применением низкоскоростных цифровых потоков (ЦП).

Диапазон скоростей передачи ЦП после кодирования звуковых и, в частности, речевых сигналов в системе DRM – от 2 до 72 кбит/с. Скорость ЦП 2 кбит/с соответствует передаче речевого сигнала с коммуникационным качеством, а при скорости ЦП, равной 72 кбит/с, можно передать стереофонический ЗС с улучшенным качеством.

В тракте передачи системы DRM формируются три системных канала:

- Main Service Channel (MSC – главный канал передачи пользовательской информации);
- Fast Access Channel (FAC – канал быстрого доступа);
- Service Description Channel (SDC – канал описания пользовательской информации).[2]

Канал MSC формируется на выходе главного мультиплексера пользовательской информации MUX. На вход мультиплексера поступают подвергнутые обработке в кодерах ЗС или в предварительных кодерах цифровые потоки, соответствующие звуковым, речевым сигналам или дополнительной информации.

Эти ЦП разделяются на части с повышенной и нормальной защитой от ошибок. Повышенная защита применяется для частей ЦП, наиболее чувствительных к ошибкам.

В мультиплексере MUX производится объединение указанных цифровых потоков. Сформированный канал MSC также содержит части с повышенной и нормальной защитой от ошибок.

В блоках рандомизации производится дополнение цифровых потоков псевдослучайными последовательностями битов в целях устранения систематических повторений комбинаций двоичных символов и возникающей при этом нежелательной регулярности в передаваемом сигнале.

В канальных кодерах производится помехоустойчивое кодирование информации, которое базируется на сверхточном коде, перемежение битов в целях рассредоточения групповых ошибок и преобразование информации в так называемые “QAM-ячейки”, рассмотренные ниже (QAM – Quadrature Amplitude Modulation).

QAM-ячейки в канале MSC подвергаются перемежению, что позволяет повысить устойчивость приема сигналов в каналах передачи с нестабильными характеристиками (например, при приеме

радиосигналов DRM, отраженных от ионосферы, в диапазоне коротких волн).

В канале FAC передается информация о полосах частот, занимаемых радиосигналами DRM, режиме модуляции, количестве и типах цифровых потоков в MSC, идентификации программ и др.

Канал SDC предназначен для передачи информации о конфигурации мультиплексирования MSC, условном доступе, частоте сигнала, районе обслуживания, языке вещания, времени, дате и др.

Перемежение QAM-ячеек в каналах FAC и SDC не применяется. Это позволяет исключить временные задержки, связанные с процедурой перемежения, и повысить оперативность работы приемника DRM. Тем не менее, информация, передаваемая в FAC и SDC, имеет достаточно высокую степень защиты от ошибок.

OFDM – преобразователь ячеек (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing – мультиплексирование с ортогональным частотным разделением) распределяет различные классы ячеек по времени и частоте и формирует так называемую “частотно-временную сетку”.

OFDM – генератор сигналов преобразует в цифровой форме каждый ансамбль ячеек с одинаковыми временными индексами в

совокупность модулированных несущих, разнесенных по частоте с определенным интервалом. Затем образуется полный OFDM-символ путем введения защитного интервала, который представляет собой повторение части символа и служит для предотвращения межсимвольной интерференции.

В модуляторе производится преобразование цифрового OFDM-сигнала в аналоговый. Эта операция включает в себя цифро-аналоговое преобразование, частотное преобразование вверх, фильтрацию в целях выполнения требований МСЭ-Р к спектрам передаваемых радиосигналов. Далее сигнал поступает на вход DRM-передатчика и затем передается в виде радиоволн.

### 3.4. Цифровой мультисистемный интерактивный радиоприемник для систем ЦРВ.

Такого еще в радиовещании не было. Однако, если мы хотим, чтобы DRM вещание себя окупало, да еще и приносило прибыль, необходимо очень качественно выполнить все требования, к нему предъявляемые.

Необходимо, чтобы цифровой радиоприемник стал бы у взрослого населения страны любимой игрушкой, такой же, как у молодежи сейчас стали мобильные телефоны!

**Базовая функциональность.** Радиоприемник имеет в своем составе приемный вещательный радиотракт (на текущий момент развития процессоров обработки сигнала его более рационально делать аналоговым с ФАПЧ, поскольку 70% производительности процессора расходуется на автоподстройку и демодуляцию в реальном времени, а это большое энергопотребление, которое невозможно обеспечить в переносных и, тем более, карманных конструкциях), сигнальный процессор декодирования DRM последовательности, окончательный УМЗЧ звукового тракта с выходом на динамик и наушники, контроллер с дисплеем и пользовательской памятью на несколько (десятков, сотен, тысяч) страниц принятого текста, с памятью для хранения

частотного расписания радиостанций, с пользовательской записной книжкой, и с клавиатурой, позволяющей слушателю участвовать в радиоиграх, оперативных опросах общественного мнения, викторинах и розыгрышах, задавать вопросы ведущим и гостям студии. В качестве обратного канала «слушатель – радиостанция» используется встроенный в радиоприемник блок передачи SMS сообщений от мобильного телефона с соответствующим приемо-передающим радиотрактом. В качестве «обратного адреса» может быть использован серийный, идентификационный номер радиоприемника, зашитый в ПЗУ его контроллера.

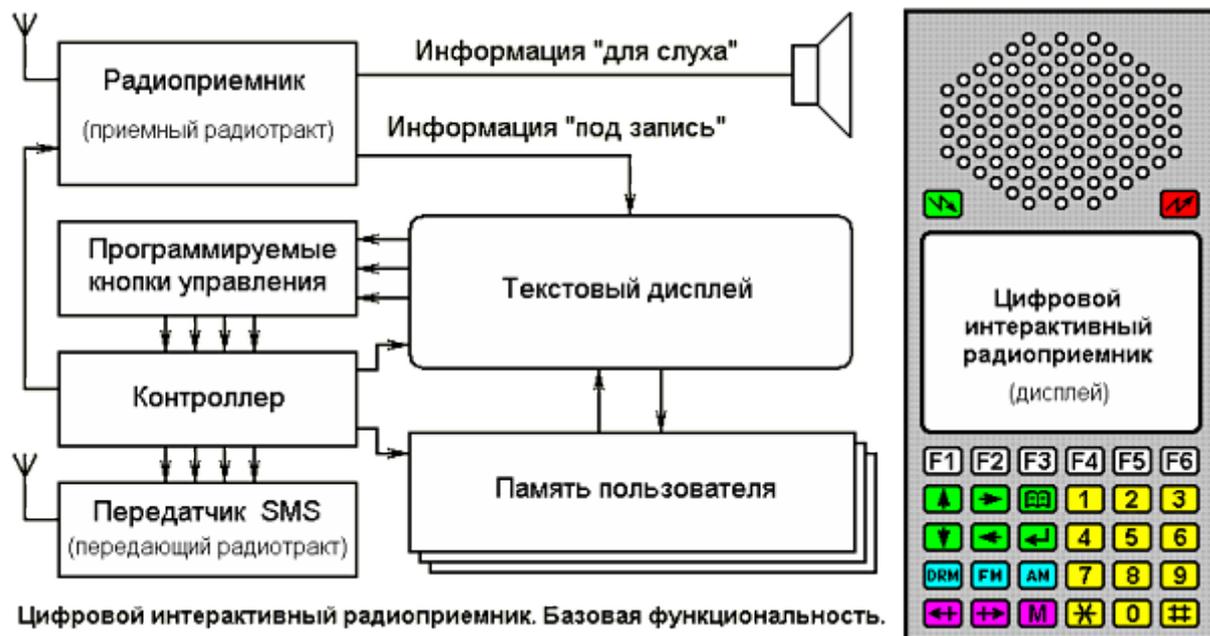


Рис. 3.4. Функциональная схема ЦИР.

Зеленая кнопка с молнией вниз — Запоминание в пользовательской памяти текстовой части заинтересовавшей

рекламной или музыкальной информации с автоматическим запоминанием даты, времени, названия радиостанции и заголовка рекламного ролика. При блокировании клавиатуры (перед тем, как положить приемник в карман и слушать его на наушники) этой функцией наделяются все клавиши. Чтобы можно было, в случае появления интереса, нажать не глядя на любую кнопку.

**Красная кнопка с молнией вверх** — отправка набранного на экране SMS сообщения или выбранного варианта ответа при радиоигре, викторине и при опросе общественного мнения.

**F1 — F6** — программируемые кнопки в зависимости от режима приемника и принимаемой программы. К примеру, при радиоиграх, викторинах или опросах общественного мнения — выбор вариантов ответов, предложенных слушателям и отображенных на дисплее. Программирование этих кнопок осуществляется ведущим DRM радиостанции, на которую настроен радиоприемник. При включении режима перестройки приемника по частоте, можно запрограммировать функциональные кнопки F1 — F6 на выбор шести любимых радиостанций в любом принимаемом диапазоне частот (DRM, FM, AM). Когда же частота выбрана и приемник настроен на DRM радиостанцию, эти кнопки «отдаются» для дистанционного

программирования ведущему радиостанции, и на дисплее (над кнопками) отображается соответствующая индикация их назначения.

**Четыре зеленых кнопки со стрелочками** — перемещение курсора по тексту на дисплее.

**Зеленая кнопка с угловой стрелкой вниз-влево** — выбор чего-либо на экране («Enter»).

**Зеленая кнопка с раскрытой книгой**— вызов главного меню радиоприемника. В том числе, вход в пользовательскую записную книжку, в базу данных заинтересовавших сообщений, запомненных из эфира с возможностью поиска и редактирования текстов сообщений.

**Голубые кнопки DRM, FM, AM**— выбор режима работы радиоприемника и диапазонов радиоприема. В случае FM должны выбираться все 4 УКВ диапазона: 65,8 — 74; 76 — 90; 87,5 — 100 и 100 — 108 МГц. Причем первым должен указываться отечественный диапазон 65,8 — 74 МГц. Необходим также как автоматический, так и ручной (с приоритетом ручного) выбор стандарта стереокодирования – с полярной модуляцией или с пилот-тоном). При прямом наборе частоты включение нужного диапазона должно производиться автоматически.

Для AM и DRM приема указываются все вещательные диапазоны от 0,144 до 26,1 МГц с общепринятыми названиями: LW, MW, SW: 100m, 90m, 75m, 60m, 49m, 41m, 31m, 25m, 21m, 19m, 16m, 13m, 11m. При переключении диапазонов приемник настраивается на последнюю прослушанную станцию в этом диапазоне, а при отсутствии таковой, на начало диапазона (МГц): 0,144; 0,522; 2,9; 3,2; 3,9; 4,7; 5,9; 7,1; 9,4; 11,6; 13,6; 15,0; 17,5; 21,45; 25,65.[2]

**Сиреневые кнопки с перечеркнутыми стрелками** — перестройка приемника по частоте. При этом на дисплее отображается линейная шкала выбранного диапазона с делениями и перемещающейся стрелкой, а над ней отображается номинал частоты в числовом виде. Перестройка приемника в отечественном УКВ диапазоне должна вестись с шагом в 30 кГц, а в остальных УКВ диапазонах с шагом 100 кГц. Перестройка в диапазонах LW и MW должна быть непрерывной с шагом в 9 кГц от 0,144 до 1,8 МГц, а в диапазонах SW непрерывной с шагом в 5 кГц от 2,9 до 26,5 МГц. При этом, в диапазонах SW необходимо предусмотреть в меню настройки дополнительную функцию — фиксированный сдвиг частоты на 2,5 кГц, поскольку многие иновещательные AM радиостанции для увеличения энергетики сигнала используют вместо двухполосной AM, однополосную с 70-ю

процентами несущей, которая в АМ приемнике звучит точно также, как и обычная АМ, но занимает в эфире меньшую полосу и принимается лучше со сдвигом частоты на середину спектра сигнала.

**Сиреневая кнопка с буквой М** — запоминание частоты настройки (прямой вызов меню памяти и частотного расписания DRM радиостанций).

**Желтые кнопки с цифрами и значками звездочка и решетка (а также с непоказанными на рисунке буквами русского и латинского алфавитов и знаками)** — аналог клавиатуры мобильного телефона, — прямой набор номинала принимаемой частоты и набор текстов SMS сообщений.

**Дисплей** — графический, с возможностью отображения меню управления радиоприемником, текстовых сообщений, набора текстов SMS сообщений, рабочих частот, графических шкал настройки по каждому диапазону, текущего времени, режима будильника, календаря, бегущей строки RDS сообщений FM радиостанций, графика суточных включений приемника, вплоть до программы передач на неделю вперед. Принципиально, что на дисплее должно отображаться помимо местного времени, еще время UTC и местное время в различных часовых поясах, поскольку DRM радиовещание

носит всемирный характер и иногда нужно знать местное время той страны, радиостанция которой прослушивается. Разумеется, все эти режимы нужно вызывать с помощью меню и иметь возможность самостоятельно настраивать «рабочий стол» дисплея приемника под индивидуальные вкусы слушателя. Объем отображаемого текста во все поле дисплея, при среднего размера символах, должен быть 480 — 640 символов. При крупных символах — не менее 360. Контроллер дисплея должен позволять отображать информацию с автоматическим изменением контраста при изменении внешней освещенности, ориентируясь на взрослых пользователей с не очень хорошим зрением. И **принципиальное требование — дисплей должен быть черно—белым** с подсветкой в темноте, и позволять легко читать на нем информацию, как при сумеречном освещении, так и при освещении прямыми солнечными лучами в ясный летний день. Увы, но цветные дисплеи при всей своей красивости крайне неудобны в эксплуатации и не обеспечивают при освещении прямыми солнечными лучами главное качество любого дисплея — читабельность информации.

**Интерфейс приемника к компьютеру — USB.**

Описанная базовая функциональность обеспечивает максимально эффективное участие слушателей в радиопередачах, соответственно — высокое доверие своим любимым радиостанциям и, как прямое следствие – высокую эффективность рекламы.

**Эксплуатационные типы радиоприемников.** Поскольку люди слушают радио в различных условиях, да и аудитория неоднородна, слушателей не сможет удовлетворить один единственный тип радиоприемника. Радиоприемников потребуется выпустить целый ряд, под различные места установки и потребительские условия. Минимальный ряд радиоприемников должен быть таким: автомобильный, трансляционный, настенно-настольный, встраиваемый, компьютерный, носимый, карманный, мобильный. Возможны также и иные варианты радиоприемников, например **туристический** — в прочном пылевлагозащищенном корпусе с возможностью зарядки аккумуляторов от ручного привода или миниатюрного ветроэлектрогенератора, **экспедиционный** — то же, что и туристический, но еще и с возможностью получения персональных сообщений, передачи сигнала бедствия в спутниковую систему Коспас—Sarsat и с радиомаяком на частоту 121,5 МГц для привода

поискового вертолета, имеющий свою резервную литиевую батарею.

Как говорится — любой каприз за Ваши деньги!

**Автомобильный.** Его нужно производить на первом этапе создания парка приемников. Этому способствуют четыре определяющих аспекта:

- гарантированная востребованность, — они по договору встраиваются в автомобили;
- при междугородних переездах можно во время всего пути слушать одну и ту же станцию;
- относительно высокая цена приемника «растворяется» на фоне стоимости автомобиля;
- неизбежно повышенное потребление энергии процессорным блоком обработки сигнала несущественно при наличии в автомобиле мощного аккумулятора, постоянно подзаряжаемого генератором. Помнится, в давние времена, в автомобиле энергии хватало и для питания ламповых радиоприемников!

**Трансляционный.** Предназначен для использования на пассажирском транспорте, к примеру, на железнодорожном, морском, речном. Сигнал с таких радиоприемников подается в трансляционную сеть транспортного средства, для прослушивания всеми пассажирами.

Конструктивные требования к таким приемникам нужно разрабатывать совместно с соответствующими ведомствами, чтобы приемники легко встраивались в уже имеющуюся на транспортных средствах трансляционную аппаратуру. Возможно также добавление специфических возможностей к их базовой функциональности. Ну, например, передача персональных текстовых сообщений начальнику поезда или капитану судна. Внедрение таких приемников на транспорте позволит корпоративным DRM радиоккомпаниям этих отраслей очень быстро получить коммерческую аудиторию слушателей! Второе применение — в радиоузлах крупных промышленных предприятий, ВУЗ—ов, школ, небольших поселков, пионерских лагерей.

Оба эти приемника могут быть разработаны и внедрены в рамках государственных программ. Причем, автомобильный приемник быстро себя окупит, поскольку у людей, покупающих автомобили, деньги есть. А трансляционных приемников потребуется не так уж и много, так, что финансирование и здесь не будет слишком большим.

**Настольно-настенный.** Необходим для создания слушательской аудитории в сельской местности, впрочем, при строгом простом дизайне, он будет востребован и как офисный, имеющий при полной

базовой функциональности встроенное, без дополнительных адаптеров, сетевое (~220 В) питание, и форму корпуса, удобную, чтобы повесить на стенку, поставить на стол или взять в руки. Все мы хорошо помним громкоговорители трансляционных радиоточек и именно в этот размер и стоит укладываться конструкторам. Ну, к примеру: 240 x 160 x 80 мм. Причем передняя панель, расположенная вертикально, имеет размер 240x160 и расположена может быть в зависимости от дизайна как в ширину, так и в высоту. А поскольку качество звучания приемника напрямую зависит от объема его корпуса, то форма его должна быть классической, прямоугольной, без дизайнерских излишеств.

**Встраиваемый.** Необходимость в таком модуле часто возникает при комплектовании различной аппаратуры комплексного характера. Когда берутся различные функциональные модули и из них набирается некий комбайн. Ну, к примеру, широко распространенные бытовые музыкальные центры. Или кухонная плита с будильником, часами, телевизором и радиоприемником для пущего закабаления женщины, что б она не только знала свое место, но и сама бы с большой охотой стремилась в него!

**Компьютерный.** Компьютерная карта, имеющая в составе радиотракт, DSP процессор, контроллер. Терминал, интерфейс, динамик и вся остальная функциональность обеспечивается средствами компьютера и программным обеспечением.

**Носимый.** Приемник, имеющий одну ручку для переноски и (или) ремень через плечо. Ориентировочный габарит 270x170x70 мм. Предназначен для качественного прослушивания радиопередач в небольших загородных поездках, когда его ремень можно перекинуть через плечо и слушать музыку или радиопередачи на ходу или на пикнике. Также хорош, как дачный вариант. Питание комбинированное. Встроенный сетевой блок питания (~220 В), плюс 4 или 6 мощных элементов (по нашей классификации типа 373). Аккумулятор здесь не нужен, поскольку с батарейным питанием такой приемник используется не регулярно, а от случая к случаю.

**Карманный.** Название говорит само за себя. Ориентировочный размер: 165x105x30 мм. Ни о каком музыкальном качестве звучания на встроенный динамик при столь малом размере корпуса уже говорить не приходится. Лучше его слушать на наушники. Предназначен для того, чтобы слушать новости и радиопередачи, преимущественно, разговорные, взяв его с собой в командировку, в

отпуск, бросив в портфель, чтобы продемонстрировать студентам и рассказать, что кроме музыкальных FM радиостанций в мире радиовещания есть еще много чего интересного! Ну, и при желании его можно положить и во внутренний карман пиджака и слушать на наушники. В общем, это штучка для фанатов радиовещания зрелого возраста и для пенсионеров. А по сему, шрифт на дисплее должен быть покрупнее, а сам дисплей — в половину площади передней панели приемника. Кнопки — под ним, а вторая половина передней панели — динамик. Питание — 4 или 6 аккумуляторов АА (размер 316 элемента) с встроенным зарядным устройством и внешним сетевым адаптером.

**Мобильный.** Размером с мобильный телефон. Молодежная игрушка для радиослушателей-фанатов музыкальных радиостанций, которые участвуют во всех радиоиграх, розыгрышах, звонят в студию, заказывают песни, передают поздравления, и жить без любимой радиостанции не могут. Для них такой приемник будет ошеломляющим подарком! Вот тут вся его базовая функциональность будет использоваться на всю катушку! И поскольку зрение у молодежи, как правило, хорошее, то и шрифт на дисплее можно применить мелкий, и дисплей — цветной (не важно, что плохо видно,

зато красиво!). Все эксплуатационные характеристики, как у мобильного телефона. Встроенного динамика нет.

Для реализации носимого карманного и мобильного цифровых мультисистемных интерактивных радиоприемников необходимо дальнейшее усовершенствование существующих DSP процессоров с целью снижения их энергопотребления. Увы, но это еще пока технически не осуществимо и существующие батарейки не могут обеспечить аппетиты процессоров. Поэтому создавать парк новых радиоприемников у населения нашей страны будем первыми пятью типами, помня, что настоящий расцвет коммерческого применения интерактивного цифрового радиовещания наступит немного позже

Разумеется, цифровые радиоприемники нужно будет не только разработать и начать производить в массовом масштабе, но и разрекламировать на всю страну. Делать это нужно либо за деньги федеральной программы перехода на цифровое радиовещание, либо за счет радиовещателей, понимая, что бесплатно рекламируя радиоприемники и их производителей, мы сами создаем для себя аудиторию слушателей. И не грех в это вложиться. Заодно бизнес наших производителей поднимем. А вот повесить продвижение цифровых приемников на производителей или на торговую сеть, как

это было принято до сего дня включительно, — это погубить весь проект. В этом случае мы дождемся лишь того, что со временем дешевые китайские приемники полностью заполнят нашу торговую сеть и мы будем довольствоваться «крошками со стола международного бизнеса», а цифровое радиовещание получим не такое, которое хотим, а как всегда то, которое получилось, по принципу «жри, что дают». И в который уж раз утвердим принцип материализма, что идеи и проекты — дело вторичное, а ждем мы материального внедрения из-за границы.

### **Вывод**

В третьей главе моей работы рассматриваются вопросы о выборе оптимального варианта ЦРВ. Сделав вывод из рассмотренных стандартов ЦРВ, мы выбрали стандарт DRM.

Система передачи данных в формате DRM работает по принципу передачи данных на многих несущих. В то время, как в аналоговой технологии используется только одна несущая с передачей одинаковой информации в обеих боковых полосах, то в «цифре» закодированный сигнал распределяется почти по 200

несущим. Информация, прежде чем дойти до радиослушателя, проходит сложный путь, сохраняя качество звука путём цифрового кодирования.

Кроме этого диапазон рабочей частоты стандарта DRM очень широкий.

Переход на ЦРВ даёт возможность экономить энергопотребление радиопередающих устройств (РПДУ) на 10-12 раз.

## Глава 4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

### 4.1. Основные характеристики ионизирующих излучений

Ионизирующими называют излучения, взаимодействие которых со средой приводит к образованию электрических зарядов различных знаков. Источники этих излучений широко используются в технике, химии, медицине, сельском хозяйстве и других областях, например, при измерении плотности почв, обнаружении течей в газопроводах, измерении толщины листов, труб и стержней, антистатической обработке тканей, полимеризации пластмасс, радиационной терапии злокачественных опухолей и др. Однако следует помнить, что источники ионизирующего излучения представляют существенную угрозу здоровью и жизни использующих их людей.

Существуют два вида ионизирующих излучений:

-корпускулярное, состоящее из частиц с массой покоя, отличной от нуля (альфа- и бета-излучение и нейтронное излучение);

-электромагнитное (гамма( $\gamma$ )-излучение и рентгеновское) с очень малой длиной волны.

Рассмотрим основные характеристики указанных излучений. *Альфа( $\alpha$ )-излучение* представляет собой поток ядер гелия, обладающих большой скоростью. Эти ядра имеют массу 4 и заряд +2. Они образуются при радиоактивном распаде ядер или при ядерных реакциях. В настоящее время известно более 120 искусственных и естественных альфа-радиоактивных ядер, которые, испуская альфа-частицу, теряют 2 протона и 2 нейтрона.

Энергия альфа-частиц не превышает нескольких МэВ<sup>1</sup>. Излучаемые альфа-частицы движутся практически прямолинейно со скоростью примерно 20 000 км/с.

Под длиной пробега частицы в воздухе или других средах принято называть наибольшее расстояние от источника излучения, при котором еще можно обнаружить частицу до ее поглощения веществом. Длина пробега частицы зависит от заряда, массы, начальной энергии и среды, в которой

происходит движение. С возрастанием начальной энергии частицы и уменьшением плотности среды длина пробега увеличивается. Если начальная энергия излучаемых частиц одинакова, то тяжелые частицы обладают меньшими скоростями, чем легкие. Если частицы движутся медленно, то их взаимодействие с атомами вещества среды более эффективно и частицы быстрее растрачивают имеющийся у них запас энергии.

Длина пробега альфа-частиц в воздухе обычно менее 10 см. Так, например, альфа-частицы с энергией 4 МэВ обладают длиной пробега в воздухе примерно в 2,5 см. В воде или в мягких тканях человеческого тела, плотность которых более чем в 700 раз превышает плотность воздуха, длина пробега альфа-частиц составляет несколько десятков микрометров. За счет своей большой массы при взаимодействии с веществом альфа-частицы быстро теряют свою энергию. Это объясняет их низкую проникающую способность и высокую удельную ионизацию: при движении в воздушной среде альфа-частица на 1 см своего пути образует несколько десятков тысяч пар заряженных частиц – ионов.

*Бета-излучение* представляет собой поток электронов ( $\beta^-$ -излучение, или, чаще всего, просто  $\beta^-$ -излучение) или позитронов ( $\beta^+$ -излучение), возникающих при радиоактивном распаде. В настоящее время известно около 900 бета-радиоактивных изотопов.

Масса бета-частиц в несколько десятков тысяч раз меньше массы альфа-частиц. В зависимости от природы источника бета-излучений скорость этих частиц может лежать в пределах 0,3 – 0,99 скорости света. Энергия бета-частиц не превышает нескольких МэВ, длина пробега в воздухе составляет приблизительно 1800 см, а в мягких тканях человеческого тела ~ 2,5 см. Проникающая способность бета-частиц выше, чем альфа-частиц (из-за меньших массы и заряда). Например, для полного поглощения потока бета-частиц, обладающих максимальной энергией 2 МэВ, требуется защитный слой алюминия толщиной 3,5 мм. Ионизирующая способность бета-излучения ниже, чем альфа-излучения: на 1 см пробега бета-частиц в среде образуется несколько десятков пар заряженных ионов.

*Нейтронное излучение* представляет собой поток ядерных частиц, не имеющих электрического заряда. Масса нейтрона приблизительно в 4 раза меньше массы альфа-частиц. В зависимости от энергии различают медленные нейтроны (с энергией менее 1 КэВ<sup>1</sup>), нейтроны промежуточных энергий (от 1 до 500 КэВ) и быстрые нейтроны (от 500 КэВ до 20 МэВ). Среди медленных нейтронов различают тепловые нейтроны с энергией менее 0,2 эВ. Тепловые нейтроны находятся по существу в состоянии термодинамического равновесия с тепловым движением атомов среды. Наиболее вероятная скорость движения таких нейтронов при комнатной температуре составляет 2200 м/с. При неупругом взаимодействии нейтронов с ядрами атомов среды возникает вторичное излучение, состоящее из заряженных частиц и гамма-квантов (гамма-излучение). При упругих взаимодействиях нейтронов с ядрами может наблюдаться обычная ионизация вещества. Проникающая способность нейтронов зависит от их энергии, но она существенно выше, чем у альфа- или бета-частиц. Так, длина пробега нейтронов промежуточных энергий составляет около 15 м в воздушной среде и 3 см в биологической ткани, аналогичные показатели для быстрых нейтронов – соответственно 120 м и 10 см. Таким образом, нейтронное излучение обладает высокой проникающей способностью и представляет для человека наибольшую опасность из всех видов корпускулярного излучения. Мощность нейтронного потока измеряется плотностью потока нейтронов (нейтр./см<sup>2</sup> • с).

*Гамма-излучение* ( $\gamma$ -излучение) представляет собой электромагнитное излучение с высокой энергией и с малой длиной волны<sup>1</sup>. Оно испускается при ядерных превращениях или взаимодействии частиц. Высокая энергия (0,01–3МэВ) и малая длина волны обуславливает большую проникающую способность гамма-излучения. Гамма-лучи не отклоняются в электрических и магнитных полях. Это излучение обладает меньшей ионизирующей способностью, чем альфа- и бета-излучение.

*Рентгеновское излучение* может быть получено в специальных рентгеновских трубах, в ускорителях электронов, в среде, окружающей источник бета-излучения, и др. Рентгеновские лучи представляют собой один из видов электромагнитного излучения. Энергия его обычно не превышает 1 МэВ.

В качестве примера определим длину волны  $\gamma$ -излучения с энергией 0,048 МэВ.

Используя известное соотношение  $1 \text{ эВ} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ , выразим энергию  $\gamma$ -излучения в джоулях:

$$E = 0,048 \cdot 10^{-6} (\text{эВ}) \frac{1,602 \cdot 10^{-19} (\text{Дж})}{1(\text{эВ})} = 0,077 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}. \quad (4.1.)$$

Энергия  $\gamma$ -излучения определяется следующей формулой:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad (4.2.)$$

где  $h$  – постоянная планка ( $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$ );

$\nu$  – частота кванта электромагнитной энергии, гц;

$c$  – скорость света ( $c \approx 3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ );

$\lambda$  – длина волны, м.

$$\lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}}{0,077 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}} = 0,26 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 2,6 \text{ нм}.$$

Рентгеновское излучение, как и гамма-излучение, обладает малой ионизирующей способностью и большой глубиной проникновения.

Рассмотрим основные показатели и единицы измерения, применяемые для характеристики ионизирующих излучений. Как уже сказано выше, при распаде ядер атомов его продукты вылетают с большой скоростью. Встречая на своем пути ту или иную преграду, они производят в ее веществе различные изменения. Воздействие излучения на вещество будет тем больше, чем больше распадов происходит в единицу времени. Для характеристики числа распадов вводится понятие *активности* ( $A$ ) радиоактивного вещества, под которым понимают число самопроизвольных ядерных превращений  $dN$  в

этом веществе за малый промежуток времени  $dt$ , деленное на этот промежуток времени:

$$A = \frac{dN}{dt}. \quad (4.3.)$$

Единицей измерения активности является Кюри (Ки), соответствующая  $3,7 \cdot 10^{10}$  ядерных превращений в секунду. Такая активность соответствует активности 1 г радия-226. Гораздо реже используется единица активности беккерель (Бк)

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{11} \text{ Бк}.$$

Для характеристики воздействия ионизирующего излучения на вещество введено понятие дозы излучения. *Дозой излучения* называется часть энергии, переданная излучением веществу и поглощенная им. Количественной характеристикой взаимодействия ионизирующего излучения и вещества является *поглощенная доза излучения (D)*, равная отношению средней энергии  $dE$ , переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе облученного вещества в этом объеме  $dm$ :

$$D = \frac{dE}{dm}. \quad (4.4.)$$

Поглощенная доза является основной дозиметрической величиной. В системе СИ в качестве единицы поглощенной дозы принят грей (Гр). 1 Гр соответствует поглощению в среднем 1 Дж энергии ионизирующего излучения в массе вещества, равной 1 кг, т. е.  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$

До недавнего времени за количественную характеристику только рентгеновского и гамма-излучения, основанную на их ионизирующем действии, принималась *экспозиционная доза X* – отношение полного электрического заряда  $dQ$  ионов одного знака, возникающих в малом объеме сухого воздуха, к массе воздуха  $dm$  в этом объеме, т. е.

$$X = \frac{dQ}{dm}. \quad (4.5.)$$

Единицей экспозиционной дозы в системе СИ является кулон на килограмм (Кл/кг)

Внесистемной единицей дозы рентгеновского и гамма-излучения является рентген (р) – доза излучения, при которой суммарный заряд положительных или отрицательных ионов, образующихся в  $1,293 \cdot 10^{-6}$  кг воздуха, равен  $0,33 \cdot 10^{-9}$  кулонов. Это соответствует образованию  $2,08 \cdot 10^9$  пар одновалентных ионов в  $1 \text{ см}^3$  воздуха при нормальных условиях ( $T = 273 \text{ К}$ ,  $P = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ) и связано с затратой энергии около  $87 \cdot 10^{-7} \text{ Дж/кг}$ ;  $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг} = 0,88 \text{ рад}$ .

Для оценки возможного ущерба здоровью при хроническом воздействии ионизирующего излучения произвольного состава введено понятие *эквивалентной дозы (H)*. Эта величина определяется как произведение поглощенной дозы  $D$  на средний коэффициент качества излучения  $Q$  (безразмерный) в данной точке ткани человеческого тела, т. е.:

$$H = D \cdot \bar{Q}. \quad (4.6)$$

Единицей эквивалентной дозы в системе СИ является зиверт (Зв).

## 4.2. Принципы и способы защиты населения в чрезвычайных ситуациях

Защита населения в ЧС представляет собой комплекс мероприятий, имеющих цель не допустить неблагоприятного воздействия последствий чрезвычайных ситуаций или максимально ослабить степень их воздействия. Эффективность защиты населения в ЧС может быть достигнута лишь на основе осознанного учета принципов обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях и наилучшего использования всех средств и способов.

Принципы обеспечения безопасности по признаку их реализации условно делятся на три группы.

**Заблаговременная подготовка** предполагает прежде всего накопление средств защиты (коллективных и индивидуальных) от опасных и вредных факторов и поддержание их в готовности для использования

населением а также подготовку к проведению мероприятий по эвакуации населения из опасных зон (зон риска).

**Дифференцированный подход** выражается в том что характер и объем защитных мероприятий устанавливается в зависимости от вида источников опасных и вредных факторов, а также от местных условий.

**Комплексность мероприятий** заключается в эффективном применении средств и способов защиты от последствий чрезвычайных ситуаций, согласованном осуществлении их со всеми мероприятиями по обеспечению безопасности жизнедеятельности в современной техносциальной среде.

Основными способами защиты населения в чрезвычайных ситуациях являются: эвакуация населения, укрытие в защитных сооружениях, использование средств индивидуальной защиты, а также средств медицинской профилактики.

Укрытие населения в защитных сооружениях является наиболее надежным способом защиты в случае военно-политических конфликтов с применением современных средств поражения, а также в ЧС, сопровождающихся выбросом радиоактивных и химических веществ.

Защитные сооружения — это инженерные сооружения, специально предназначенные для защиты населения от физических, химических и биологических опасных и вредных факторов. В зависимости от защитных свойств эти сооружения подразделяются на убежища и противорадиационные укрытия (ПРУ).

**Средства индивидуальной защиты (СИЗ) населения** предназначены для защиты от попадания внутрь организма, на кожные покровы и одежду радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств.

**Медицинские средства индивидуальной защиты** предназначены для профилактики и оказания медицинской помощи населению, пострадавшему в чрезвычайной ситуации. С их помощью можно спасти жизнь, предупредить или значительно уменьшить степень развития поражения у

людей, повысить устойчивость организма человека к воздействию некоторых опасных и вредных факторов (ионизирующих излучений, токсичных веществ и бактериальных средств). К ним относятся радиопротекторы (например, цистамин, снижающий степень воздействия ионизирующих излучений), антитоксические вещества (предупреждающие или ослабляющие действие токсичных веществ), противобактериальные средства (антибиотики, интерфероны, вакцины, анатоксины и т. п.), а также средства частичной санитарной обработки (индивидуальный перевязочный пакет, индивидуальный противохимический пакет).

Для обеспечения безопасности жизнедеятельности населения в ЧС особое значение приобретает заблаговременное осуществление ряда мероприятий, в частности: обучение населения действиям в ЧС; организация своевременного оповещения об угрозе возникновения и возникновении ЧС; организация и проведение радиационной, химической и бактериологической разведки, а также дозиметрического и лабораторного (химического) контроля; проведение профилактических противопожарных, противоэпидемических и санитарно-гигиенических мероприятий; создание запасов материальных средств для проведения спасательных и других неотложных работ.

### **Общий метод определения возможности возникновения аварийного состояния**

Технологическое оборудование, размещенное в производственных помещениях, можно разбить на три основные группы:

- 1) реакционные аппараты, промежуточные емкости, машины;
- 2) коммуникации — трубопроводы;
- 3) запорная арматура (задвижки, краны, фланцевые и резьбовые уплотнения и т. п.).

Газы или пары горючих жидкостей, находящиеся в технологическом оборудовании под давлением выше атмосферного, могут попасть в помещение при нарушении целостности оборудования. При этом через

запорную арматуру будет происходить медленная их утечка, при разрыве трубопровода — истечение струей, при разрыве корпуса аппарата или срыве крышки — мгновенный выброс.

В каждом случае количество газа, попавшего в атмосферу помещения, может быть определено с некоторым допущением, если, например, известен диаметр трубопровода или емкость аппарата.

При медленной утечке газа взрывоопасная смесь образуется в течение времени, которого вполне достаточно для приведения в действие вытяжной вентиляции и осуществления других противоаварийных мероприятий. При разрыве трубопроводов диаметром в несколько сантиметров взрывоопасная концентрация может образоваться в течение 2—3 мин; при разрыве аппаратуры или емкости это происходит за несколько секунд.

Таким образом, всегда необходимо знать в какой группе элементов наиболее вероятно и возможно возникновение аварийного состояния. Для этой цели применимы вероятностные методы математической статистики.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первая глава моей выпускной квалификационной работы посвящена к обзору и анализу систем радиовещания. Рассмотрены типы и квалификации радиоприёмников, построение передающей сети радиовещания, на каком принципе работают такие системы. И к дополнению к этой главе добавлена информация о распределение диапазонов по радиочастотам, о международном соглашении в области распределения радиочастот.

На второй главе приводится сравнительный анализ существующих видов аналоговых и цифровых форматов, используемых в радиовещания. Более подробно разьяснено преимущество и недостатки аналогового и цифрового радиовещания.

Кроме этих особенностей рассматриваются основные характеристики существующих систем эфирного радиовещания. Перечислены некоторые стандарты цифрового радиовещания как DAB, HD-Radio, DRM.

В третий глава моей работы рассматриваются вопросы о выборе оптимального варианта ЦРВ. Сделав вывод из рассмотренных стандартов ЦРВ, мы выбрали стандарт DRM.

Система передачи данных в формате DRM работает по принципу передачи данных на многих несущих. В то время, как в аналоговой технологии используется только одна несущая с передачей одинаковой информации в обеих боковых полосах, то в «цифре» закодированный сигнал распределяется почти по 200 несущим. Информация, прежде чем дойти до радиослушателя, проходит сложный путь, сохраняя качество звука путём цифрового кодирования.

К дополнению этим информациям приведены общие технические требования к сетям и приёмникам ЦРВ.

Кроме этого диапазон рабочей частоты стандарта DRM очень широкий.

Переход на ЦРВ даёт возможность экономить энергопотребление радиопередающих устройств (РПДУ) на 10-12 раз.

#### **Список литературы.**

1. Отчёт по научно-исследовательской работе «Разработка концепции внедрения DRM радиовещания в Российской Федерации» 2006 г.

2. Рихтер С.Г. «Цифровое радиовещание». – М: Горячая линия – Телеком, 2004г.

3. Кацнельсон Л.Н. «Система цифрового радиовещания DRM». С-Пб. ГУТ, 2003г.

4. «Стандарт DRM: особенности, возможности, преимущества». Петер Зенгер Broadcasting №5.

5. Доклад Сафаров Д.А, Хусанов З.К. (ГУП «UNICON.UZ») на тему «Мировой опыт внедрения и развития технологий цифрового звукового радиовещания стандарта DAB и DRM ».

6. RECOMMENDATION ITU-R BS.1114. Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3 000 MHz

7. ETSI TS 101 980 V1.1.1 (2001-09) Technical Specification. Digital Radio Mondial (DRM) System Specification.

8. ГОСТ Р Система цифрового радиовещания DRM в диапазонах частот ниже 30 МГц. Технические основы требования.

9. <http://ru.wikipedia.org>
10. <http://broadcasting.ru>
11. <http://www.625.ru>
12. <http://allbest.ru>