

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

К защите допустить

Зав. кафедрой

доцент Губенко В.А.

«___» _____ 2012_ г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на тему «ОСОБЕННОСТИ ПРИЁМА СИГНАЛОВ ЦТВ ВНУТРИ
ПОМЕЩЕНИЙ»**

Выпускник	_____	_Саидова Ф.Б._____
	подпись	Ф.И.О.
Руководитель	_____	_Шахобиддинов А.Ш._
	подпись	Ф.И.О.
Рецензент	_____	_Сафаров Д.А._____
	подпись	Ф.И.О.
Консультант по БЖД	_____	_Кодиров Ф.М._____
	подпись	Ф.И.О.

Ташкент – 2012 г.

Данная выпускная квалификационная работа посвящена исследованию особенностей приема сигналов цифрового телевидения внутри помещений.

В работе рассмотрены вопросы организации, внедрения и перспективы развития цифрового телевидения в Узбекистане.

В рамках выпускной работы проведено экспериментальное исследование распределения уровней поля сигналов цифрового телевидения внутри помещений ТУИТ.

Ушбу битирув малакавий иши рақамли телевидение сигналларини хона ичида қабул қилишнинг ўзига ҳос хусусиятлари тадқиқ қилишга бағишланган.

Ишда Ўзбекистонда рақамли телеэшиттиришни ташкил қилиш, амалга татбиқ қилиш ва ривожланиш истиқболлари кўриб чиқилган.

Ушбу иш доирасида ТАТУ биноси хоналарида рақамли телевидение сигналларини тақсимотининг экспериментал тадқиқоти ўтказилган.

This final qualification work is devoted to research features of digital TV signal reception inside rooms.

The discusses of organization, implementation and prospects for the development of digital television in Uzbekistan is considered.

In the final work an experimental research of distribution field strength levels in some rooms of TUIT is realized.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ.....	7
1.1. Внедрение и развитие цифрового телевидения в Узбекистане.....	7
1.2. Системы цифрового телевидения.....	12
1.3 Технологии беспроводного телевидения MMDS, MVDS и LMDS.....	15
1.4. Обзор приемно-передающего оборудования цифрового телевидения.....	19
2. ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ.....	24
2.1. Характер распределения уровней поля внутри помещений.....	24
2.2. Модели, используемые для описания условий распространения радиоволн внутри помещений.....	36
3. АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ПОЛЯ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ.....	42
3.1. Постановка задачи.....	42
3.2. Методика проведения экспериментального исследования.....	41
3.3. Параметры антенн, используемые для передачи сигналов цифрового телевидения.....	44
3.4. Результаты экспериментального исследования распределения уровней поля сигналов цифрового телевидения внутри помещений.....	47
3.4.1. Результаты измерения уровней поля сигналов цифрового телевидения.....	47
3.4.2. Результаты исследования влияния материалов стен зданий на ослабление сигналов цифрового телевидения внутри помещений.....	55
4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	56
4.1. Защита от электромагнитного излучения.....	56
4.2. Методы и устройства защиты от ЭМИ.....	62
4.3. Чрезвычайная ситуация.....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	69
ЛИТЕРАТУРА.....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	73

ВВЕДЕНИЕ

На заседании Кабинета Министров, посвященном итогам развития Узбекистана в 2011 году и приоритетам на 2012 год, выступил Президент Республики Узбекистан Ислам Каримов.

В своем выступлении он уделил особое внимание развитию современных компьютерных и телекоммуникационных систем и технологий. Ислам Каримов отметил, что в 2011 году охват населения цифровым телевидением увеличился на 38 процентов и подчеркнул необходимость расширить масштабы развития и модернизации телекоммуникационной сети и привлечь дополнительные ресурсы для поэтапного перехода на цифровое телевидение путем установки телепередатчиков в областях [1].

Необходимость замены существующих аналоговых сетей связана 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 телерадиовещания производится замена аналоговых методов передачи информации на цифровые и выявляется тенденция к внедрению единых общеевропейских и мировых стандартов и систем. Для Узбекистана, как интенсивно развивающегося в настоящее время государства, вопросы внедрения сетей наземного цифрового и звукового вещания приобретают особую важность, учитывая необходимость удовлетворения возрастающих потребностей общества.

В Республике Узбекистан настоящее время осуществляется передача сигналов цифрового телевидения. В 2008 году в Ташкенте и в Бухаре была организована экспериментальная сеть цифрового вещания.

В настоящее время в Ташкенте с РТШЦ осуществляется передача сигналов цифрового телевидения на 4-х телевизионных каналах.

Необходимо отметить, что планирование сети цифрового телевизионного вещания проводится для случая фиксированного приема. Учитывая, что в густонаселенных районах г. Ташкента преобладают многоэтажные жилые здания, в которых к настоящему времени почти полностью отсутствует сеть коллективного приема ТВ сигналов, вопрос исследования особенностей приема сигналов ЦТВ внутри помещений приобретает большую значимость.

Исходя из вышесказанного можно утверждать, что тема выпускной квалификационной работы является актуальной.

В первой главе работы рассмотрены **особенности систем цифрового телевидения и перспективы внедрения и развития цифрового телевидения в Узбекистане.**

Вторая глава выпускной работы охватывает вопросы распространения радиоволн внутри помещений. Особое внимание уделено характеру распределения уровней поля внутри зданий и помещений, а также моделям, используемым для описания условий распространения радиоволн внутри зданий.

Третья глава работы посвящена анализу распределения уровней поля сигналов цифрового телевидения внутри помещений. В постановке задачи обоснована цель и задачи работы. В главе также описана методика проведения экспериментального исследования, приведены результаты измерения уровней поля внутри помещений. В целях выявления степени влияния материалов стен зданий на ослабление сигналов цифрового телевидения внутри помещений экспериментальным путем определена величина потерь сигналов при прохождении через кирпичные стены.

В работе также рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности. Только для ознакомительного пользования. Копирование и распространение запрещено

Работа состоит из введения, четырех глав, списка цитируемой литературы из 21 наименования и приложения с вложенными копиями демонстрационных слайдов. Общий объем работы составляет 65 страниц,

1. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

1.1. Внедрение и развитие цифрового телевидения в Узбекистане

Под сетями наземного цифрового телевизионного вещания (НЦТВ) понимается совокупность средств, с помощью которых в пределах зон обслуживания осуществляется решение задач обеспечения многопрограммного ТВ вещания с возможностью приема на стационарные и переносные приемники, передачи больших объемов дополнительной информации и многоцелевой интерактивности (при организации обратных каналов).

Развертывание сетей НЦТВ должно осуществляться на основе максимально возможного использования инфраструктуры существующей аналоговой ТВ сети[2].

Развитие сетей НЦТВ целесообразно осуществлять поэтапно, начиная с создания зон действия наземных цифровых сетей в крупных городах, и в дальнейшем развивать эти сети и расширять зоны их обслуживания.

На начальном этапе внедрения НЦТВ предлагается создать экспериментальные местные сети в выбранных администрацией связи Узбекистана вещательных зонах для комплексного испытания систем цифрового ТВ вещания.

Также необходимо приступить к разработкам тех средств передачи и приема наземного и спутникового телевизионного и звукового цифрового вещания, производство которых возможно наладить в Узбекистане.

Одновременно с началом внедрения НЦТВ необходимо организовать выпуск приставок к аналоговым ТВ приемникам, обеспечивающим декодирование и обработку цифровых сигналов, для приема цифровых программ.

Внедрению новых технологий должна предшествовать разработка соответствующих стандартов, правил стандартизации, норм и рекомендаций.

Сети НЦТВ должны обеспечивать:

- передачу в обычном радиоканале нескольких ТВ программ с лучшим качеством видео изображения и звукового сопровождения или программу ТВЧ;

- передачу, как ТВ программ, так и дополнительной информации, осуществлять работу в интерактивном режиме (при организации обратного канала);

- прием сигнала на стационарные и переносные приемники;

- максимальную совместимость со спутниковыми и кабельными системами;

- использовать существующую инфраструктуру аналоговой сети ТВ вещания;

- устойчивость к помехам и создавать минимум возможных помех существующим наземным аналоговым службам.

При определении условий развития цифрового ТВ ключевыми задачами являются:

- определение основных требований к принципам построения и функционирования сетей цифрового телевизионного и звукового вещания;

- определение частотного ресурса для развертывания цифрового ТВ и ЗВ;

- определение порядка и сроков постепенного свертывания аналоговых систем после ввода цифровых.

Для Узбекистана с его неравномерной плотностью населения, при разработке программы внедрения цифрового ТВ необходимо ориентироваться на создание дополняющих друг друга спутниковых, кабельных и наземных сетей.

При выборе варианта системы наземного цифрового ТВ вещания целесообразно на этапах опытной эксплуатации ориентироваться на европейскую систему DVB-T, по своим параметрам наиболее подходящую для условий использования ресурса радиоспектра, сложившихся в стране, и сопрягающуюся с другими европейскими технологиями распределения ТВ сигнала в цифровом виде с помощью спутниковых, кабельных и радиорелейных линий связи.

На первом этапе ввода цифрового наземного ТВ вещания необходимо создать ряд опытных участков со смешанным (аналоговым и цифровым) вещанием, где можно было бы практически проверить новые технологии, такие как многопрограммное вещание, передача больших объемов данных, введение массовой целевой интерактивности и перспективных видов обслуживания, возможность ограниченного доступа к программам и дополнительной информации и т.п.

Такие участки должны базироваться в крупных городах, в которых имеется как большой процент населения, готового воспользоваться услугами новой опытной сети, так и развитая инфраструктура ТВ вещания, которая может быть использована при организации цифрового вещания.

Целесообразно выполнение научно-исследовательских работ при внедрении наземного цифрового телевизионного и звукового вещания в Узбекистане.

На первом этапе внедрения НТЦВ потребуется создать оснащенные современной аппаратурой опытные участки (зоны) со смешанным (аналоговым и цифровым) телевизионным вещанием для сбора статистических данных о качестве предоставляемых услуг в зависимости от конкретных параметров систем передачи и приема, об электромагнитной совместимости действующих и новых (цифровых) радиоэлектронных средств.

Опытные участки (зоны) позволят проверить на практике цифровые технологии - многопрограммное вещание, передачу данных, интерактивность, компьютерное телевидение и др. Опытные участки должны быть оснащены аппаратурой, соответствующей рекомендациям МСЭ.

Основные цели создания опытных участков:

- сбор статистических данных о качестве предоставляемых услуг в зависимости от параметров систем передачи и приема, об ЭМС действующих и цифровых РЭС;**
- проверка сопряжения сети наземного цифрового телевизионного вещания с кабельными и спутниковыми распределительными сетями;**
- определение границ зоны обслуживания цифровым вещанием.**

В испытаниях должны участвовать наземные средства распределения и вещания телевизионных программ. После анализа результатов испытаний необходимо перейти к разработке норм и адаптации для Узбекистана уже имеющихся зарубежных стандартов на цифровое телевизионное вещание.

Необходимо, чтобы вещательные компании Узбекистана приняли активное участие в создании опытных участков и в комплексной изыскательской работе по проблемам первого этапа внедрения цифрового телевизионного вещания в Узбекистане.

На втором этапе необходимо разработать Программу модернизации сети телерадиовещания на территории Узбекистана.

Необходимо подготовить программу действий для модернизации действующих объектов передающей эфирной сети телевизионного и звукового вещания, которая способствовала бы обеспечению обновления технических средств, снижению энергоемкости объектов и излучаемых мощностей электромагнитного поля радиосигналов, более рациональному использованию радиочастотного спектра.

Реализация программы должна обеспечить предоставление на всей территории Узбекистана не только услуг в области телевидения (в том числе интерактивных) и радиовещания, но также услуги видеоконференцсвязи, доступ к сети INTERNET, передачу данных и любой другой информации в цифровом формате, а также быть способной к адаптации к изменению ситуации.

Основными направлениями модернизации сети телевизионного и звукового вещания должны быть:

- проведение действий по замене выработавшего ресурс телерадиовещательного оборудования;**
- проведение работ по переходу на цифровые технологии во всех звеньях сети распространения телерадиовещательных программ;**
- модернизация мощных радиовещательных передатчиков и перевод их на энергосберегающие технологии;**
- подготовка сети телерадиовещания к предоставлению новых услуг, в том числе, интерактивного характера.**

Реализация модернизации сети телерадиовещания позволит:

- Узбекистану поднять технологический уровень в области телерадиовещания;**
- обеспечить население Узбекистана большим количеством программ телерадиовещания;**
- повысить качество и расширить номенклатуру предоставляемых населению телекоммуникационных услуг;**
- стимулировать развитие направлений отечественной науки и промышленности, связанных с производством технических средств для сетей телерадиовещания, включая современную бытовую телерадиоаппаратуру для населения.**

При внедрении НЦТВ в Узбекистане необходимо провести анализ использования полос частот, выделенных для телевизионного вещания,

и выбрать каналы, которые могут быть использованы для наземного цифрового вещания.

Исследования, проводимые в Европе, показывают, что такими каналами могут быть либо каналы ограниченного использования (соседние, зеркальные, гетеродинные), либо каналы, не используемые в настоящее время для ТВ вещания.

Первоочередным шагом в этом направлении должно быть резервирование в крупных городах телевизионных каналов для опытных и опытно-коммерческих участков НЦТВ. Следует также определить источники финансирования программы внедрения НЦТВ.

Поскольку из-за ограниченности зрительской аудитории на первом этапе внедрения работа цифровых сетей не будет обеспечивать большую доходность, внедрение цифрового вещания потребует значительных затрат без быстрой отдачи.

Внедрение цифрового вещания должно проводиться на плановой основе, что предполагает разработку частотных планов, предусматривающих использование, в зависимости от конфигурации зон обслуживания, многочастотных и одночастотных сетей, а в переходный период и совместную работу аналоговых и цифровых сетей.

Введение НЦТВ предполагает замену парка передающих и приемных средств, хотя существуют и варианты использования имеющегося аналогового оборудования. Аналоговый передатчик может быть модифицирован и использован для передач НЦТВ.

В европейских странах разработаны и поступили в продажу приставки к бытовым аналоговым приемникам, позволяющие принимать цифровые передачи.

Однако в том и другом варианте прогнозируется резкий рост спроса на средства передачи и приема НЦТВ, ввиду этого необходимо принять меры для того, чтобы отечественные производители своевременно освоили технологию производства такого оборудования.

1.2. Системы цифрового телевидения

Современные тенденции в области цифрового телевизионного и звукового радиовещания характеризуются эволюционным развитием комплексных цифровых инфокоммуникационных систем и переходом, в дальнейшем, к глобальной информационной сети.

Цифровые технологии в сетях связи позволяют реализовать многопрограммное телевизионное и звуковое радиовещание, расширить номенклатуру телекоммуникационных услуг, а также их качество.

В ряде стран идет активный процесс внедрения систем цифрового телевидения. Разработаны и введены в эксплуатацию следующие системы цифрового телевизионного вещания[3]:

- европейская система цифрового телевидения "DVB";
- американская система цифрового телевидения "ATSC";
- японская система цифрового телевидения "ISDB".

Системы DVB-T и ATSC отличаются применяемыми в них методами модуляции. DVB-T по сравнению с системой ATSC обеспечивает более высокую устойчивость в канале с замираниями, что важно для приема телевизионных сигналов подвижными и переносными ТВ-приемниками.

Для систем наземного цифрового ТВ вещания (DVB-T) выбран цифровой метод передачи OFDM, который обеспечивает возможность создания одночастотных сетей, что имеет важное значение в случае, если велика перегрузка выделенного для ТВ вещания спектра.

Кроме того, прием сигналов при использовании модуляции OFDM более устойчив к многолучевому распространению, которое характерно для густонаселенных районов, особенно при приеме на переносные и подвижные приемники[4]. Достоинством метода OFDM является также возможность подавления небольших участков спектра излучения,

соответствующих, например, частотам несущих изображения и звука аналогового телевизионного сигнала совмещенного канала, что обеспечивает защиту от помех аналоговых и цифровых служб.

Основное различие систем ATSC и DVB-T с точки зрения эффективности использования радиоспектра заключается в том, что ATSC ориентирована на передачу в канале одной программы телевидения высокой четкости (ТВЧ), тогда как система DVB-T рассчитана на многопрограммное заполнение стандартного ТВ канала, что позволяет более эффективно (с точки зрения объема передаваемой информации) использовать полосы частот, выделенные для телевизионного вещания.

Значительным преимуществом системы DVB-T является то, что она в максимальной степени унифицирована с другими системами. При разработке DVB-T максимально учтены требования по ее унификации с другими системами того же семейства (DVB-S, DVB-C). Стандарт DVB-T имеет уникальный набор параметров, позволяющий адаптировать систему к различным режимам работы и условиям эксплуатации.

Частотные параметры телевизионного сигнала системы DVB-T ориентированы на существующие европейские частотные планы и обеспечивают эфирную совместимость её с действующими аналоговыми телевизионными передачами, что позволяет внедрять цифровое телевидение в полосах, отведённых для ТВ вещания без изменения частотных планов и ограничения работающих станций. При разработке системы DVB-T обращалось внимание на совместимость её сигналов с РЭС других служб, работающих в тех же полосах частот.

Японцы остановились на стандарте ISDB-OFDM (Integrated Services Digital Broadcasting) (частотное распределение ортогональных несущих в сегментах спектра). Система ISDB является довольно гибкой, предоставляя возможность узкополосного приема,

когда из посланной информации принимается лишь ее некоторая часть (так называемый частичный прием).

Он ориентирован, прежде всего, на мобильные телефоны и карманные компьютеры. При этом ISDB предоставляет доступ к глобальной сети Интернет. Предусмотрена иерархическая передача, которая создана для адаптации к различным условиям. Согласно ее принципам, в одном канале может передаваться сразу несколько (до трех) различных типов сигнала с отличающимися параметрами. Это позволяет использовать ISDB на самых разных приемниках. Например, по одному и тому же каналу можно осуществлять передачу HDTV-сигнала или ТВ-программы, рассчитанной для приема на сотовом телефоне.

Система ISDB-T близка к системе DVB-T, но обладает несколько расширенными возможностями передачи служб мультимедиа и по использованию радиоспектра в виде нескольких сегментированных полос частот, для каждой из которых могут быть установлены свои типы модуляции и корректирующего кодирования.

1.3. Технологии беспроводного телевидения MMDS, MVDS и LMDS

Технологии беспроводного распределения мультимедийной информации MMDS, MVDS и LMDS в настоящее время стали альтернативой кабельных систем и централизованному эфирному вещанию.

Системы MMDS получили в последние годы распространение как альтернатива кабельным сетям, в которых распределительная сеть строится за счет прокладки коаксиальных или оптических кабелей. По существу, MMDS является системой эфирно-кабельного телевидения в диапазоне частот от 2,5 до 2,7 ГГц. Благодаря высокому качеству передачи телевизионного сигнала, сравнимому с качеством кабельного

телевидения, эти системы иногда также называют "беспроводным кабельным телевидением" (wirelesscable).

К настоящему времени в западной полушарии внедрены десятки систем MMDS, которые реализуют доступ к INTERNET, предоставляют услуги интерактивного телевидения и других широкополосных услуг по технологии беспроводного доступа. Рядом фирм в мире производится оборудование, которое позволяет обеспечивать доступ к INTERNET-пользователю, находящемуся в зоне уверенного приема и установившему приемно-передающую антенну MMDS.

Возможность интеграции системы MMDS с высокоскоростным беспроводным обменом цифровыми данными, позволяет решить проблему "последней" мили. Это открывает дополнительные рынки сбыта информационных услуг удаленным пользователям на расстояниях, которые может охватывать система MMDS, обеспечивая радиус вещания, ограниченный линией горизонта (около 60 км).

Радиус зоны обслуживания системы MMDS определяется высотой подвеса передающей антенны, мощностью передатчика, потерями в антенно-фидерном тракте, коэффициентом усиления передающей и приёмной антенн.

Применение таких систем имеет ряд преимуществ перед кабельными сетями:

- главное преимущество сетей MMDS - вещания перед кабельными, состоит в том, что они требуют меньших затрат;
- система MMDS по сравнению с кабельной сетью более компактна и мобильна, не требует содержания большого штата сотрудников для эксплуатации и ремонта сети;
- сеть на основе MMDS разворачивается за несколько дней и сразу же начинает окупать вложенные средства.

Использование систем MMDS в многоканальных системах наземного телевидения имеет ряд преимуществ по сравнению с обычными системами наземного телевидения:

- системы MMDS имеют возможность передачи до нескольких десятков телевизионных программ;**
- телевизионное и звуковое вещание ведется на экологически безопасном уровне, когда суммарная мощность передатчика не превышает 1000 Вт (в основном - 1...10 Вт);**
- абонентская установка сравнительно недорога за счёт использования компактной малогабаритной антенны;**
- высокое качество сигналов из-за сравнительно низкого уровня помех в выделенных для этих систем диапазонах частот (2,5...2,7 ГГц);**
- системы MMDS позволяют устранить так называемые "мертвые зоны" в крупных городах с многоэтажной застройкой. Они обеспечивают значительную экономию средств по сравнению со строительством систем кабельного телевидения;**
- повышается надежность системы телевизионного и звукового вещания, поскольку кабельные линии уязвимы при различных рода реконструкциях, проводимых в городах, и стихийных бедствиях (пожар, землетрясение, техногенные чрезвычайные происшествия).**

Время развертывания системы MMDS, в зависимости от ее конфигурации в пределах от нескольких дней до двух-трех недель.

Достоинством систем MMDS считается их доступность для широких слоев населения с различным уровнем доходов. MMDS может использоваться и как недорогой источник получения телевизионных программ для всего населения города, и как система платного телевидения с пакетами закрытых каналов для других клиентов, и как средство доступа к передаче данных, INTERNET, телефонии.

В последнее время внимание уделяется также системам беспроводной передачи на частотах выше 20 ГГц. В этой области используются диапазоны 25...32 ГГц и 40,5...42,5 ГГц.

Нижний диапазон был первоначально освоен в США и Канаде, где системы высокочастотной передачи использовались при построении телекоммуникационных сетей. В соответствии с назначением, системы получили название LMDS (Local Multipoint Distribution Service). Сейчас технология LMDS начала использоваться и в Европе, для построения телекоммуникационных, в том числе, телевизионных сетей. В частности, экспериментальная телевизионная сеть на базе LMDS организована в Москве. Верхний диапазон первоначально был выделен в Европе для аналогового ТВ вещания, в связи с этим системы, работающие на частотах 40,5...42,5 ГГц, получили название MVDS.

Отличительным качеством систем MVDS является ширина предоставляемого диапазона - 2 ГГц. Это в два с лишним раза превышает диапазон наземного вещания и в 10 раз - частотную полосу систем MMDS.

Однако распространение сигналов в области 40 ГГц имеет свои особенности, которые определяют специфику построения систем MVDS. Затухание миллиметровых волн в атмосфере значительно выше, чем метровых и дециметровых.

Малый радиус распространения миллиметровых волн определил применение техники MVDS в сетях с маломощными передатчиками, построенных по сотовому принципу. Широкая полоса в сочетании с сотовой структурой делает эту технику подходящей для организации интерактивных мультимедийных сетей, включающих телевидение, телефонию, видеоконференции, высокоскоростной доступ к INTERNET и передачу данных.

Аппаратура MVDS может использоваться как самостоятельно, так и в составе гибридных кабельных сетей, для организации "последней

мили". В системах MVDS могут применяться, как в аналоговых, так и цифровых способах передачи информации. Для целей построения мультимедийных сетей актуальна разработка чисто цифровых систем, совместимых со стандартами DVB-C. Это позволяет использовать аппаратуру MVDS в гибридных телевизионных сетях, вместо коаксиального кабеля для раздачи сигнала пользователям.

Радиосистемы MMDS, MVDS и LMDS относятся к семейству систем фиксированной службы высокой плотности, которые при переходе на цифровые методы передачи и организации обратного канала становятся многофункциональными системами, способными предоставлять как полный набор услуг широкополосного доступа, так и работать в режиме "точка-точка" или "точка-многоточка".

Организация обратного канала может обеспечиваться за счет использования части рабочей полосы частот, или при выделении дополнительной полосы частот, или при использовании проводных технологий, в частности, существующих сетей.

1.4. Обзор приемо-передающего оборудования цифрового телевидения

При переходе с аналогового эфирного вещания на цифровое необходимы абонентские терминалы (приемники-декодеры к аналоговому телевизору или сами телевизоры, поддерживающие DVB-T). Выбор терминалов, необходимых при переходе на цифровое вещание, также связан с выбором стандарта сжатия. Если вопрос формирования цифрового потока, в котором заключен передаваемый сигнал, зависит только от разовых вложений в передающее оборудование, то вложения в абонентские терминалы для сети цифрового вещания, хотя бы одного региона в несколько раз превосходят стоимость построения системы и ложатся на плечи конечного пользователя.

Приемник-декодер (тюнер) цифрового сигнала служит для преобразования принимаемого приемной антенной цифрового сигнала в аналоговые видео- и аудиосигналы, которые затем воспроизводятся с помощью аналогового телевизора.

Цифровой тюнер состоит из следующих основных элементов: моноплаты приема и обработки цифровых сигналов; сетевой платы импульсного блока питания; корпуса; инфракрасного (ИК) пульта дистанционного управления (ДУ).

Главные функции, которые выполняет тюнер:

- получение сигнала от передающей станции с различными типами данных;**
- декодирование входного цифрового сигнала;**
- проверка (верификация) прав на доступ к полученным данным;**
- отображение на экране телевизора различных меню и видео;**
- вывод звука, например, в формате DolbyDigital 5.1.**

Производство тюнера обусловлено появлением специализированного комплекта микросхем, аппаратно реализующего декодирование этих форматов. С появлением чипов для декодирования MPEG-4, вместе с ними появятся и тюнеры, декодирующие этот формат. MPEG-4 предоставляет комплект технологий для разработчиков, различных поставщиков услуг и для конечных пользователей.

Следует отметить, что при создании сети цифрового телевидения в нашей республике принят стандарт сжатия видеоизображения MPEG-4.

Цифровые приставки DVB-T работают с обычной телевизионной антенной, причем осуществляется качественный прием даже на комнатную антенну в условиях, где аналоговый прием уже невозможен из-за помех и переотражений сигналов.

В исследованиях показано, что подавление мощных помех (эхо-сигналов) требует увеличения отношения сигнал/шум не менее чем на 6-7 дБ, что можно реализовать лишь при нахождении ТВ-приемника в

ближней зоне передатчика либо при использовании узконаправленной антенны, для которой трудно ожидать таких мощных эхо-сигналов.

В случае же с комнатной антенной, для которой борьба с многолучевостью актуальна, подобного увеличения отношения сигнал/шум не добиться.

Ясно, что прием высокоскоростных HDTV-программ на комнатные антенны затруднителен и более сложен, поскольку следует учитывать и другие факторы: импульсные помехи от бытовых электроприборов, динамические эхо-сигналы, вызванные, например, перемещением по комнате человека или домашних животных и т.п.

Качество приема телевизионного сигнала во многом зависит и от того, какие приемные антенны применяет телезритель.

При цифровом вещании прием телевизионного сигнала обретает особо важное значение. Подавляющее большинство антенно-фидерных устройств, находящихся в пользовании у населения, имеют небольшое усиление, низкую помехозащищенность, большие потери в кабеле снижения. Они позволяют принимать аналоговые сигналы (с невысоким качеством), но совершенно непригодны для удовлетворительного приема сигналов цифрового телевидения, особенно вблизи границ зоны обслуживания.

Очевидно, что в местах, где напряженность поля близка к граничным значениям, нужно применять диапазонные антенны, обладающие высоким усилением. Поэтому невозможно создание универсальной типовой приемной установки для повсеместного индивидуального пользования в сетях цифрового телевидения (в отличие от сети аналогового вещания, в которой различие значений напряженности поля в разных диапазонах волн не столь существенно).

Зная значение напряженности поля, можно вычислить коэффициент усиления антенны, которую допустимо применить для приема в конкретном пункте. Или возможно применение установок, включающих

антенные усилители. Таким образом, для реализации качественного приема сигналов цифрового телевидения особое внимание следует уделить характеристикам приемных антенн и приемникам-декодерам.

Рассмотрим несколько разновидностей приемных антенны зарубежных производителей.

Комнатная антенна ДМВ диапазона «Дельта K131.02A»

Антенна (рис.1.1) предназначена для стационарного приема сигналов вещательного телевидения ДМВ диапазонов. Антенна оснащена широкополосным усилителем ДМВ диапазона. Это обеспечивает ее эффективную работу в условиях неуверенного приема. Питание широкополосного усилителя осуществляется от источника питания, которым комплектуется антенна.

Основные технические характеристики:

- диапазоны рабочих частот 470...790 МГц (телевизионные каналы - с 21 по 60).
- среднее значение коэффициента усиления не менее 4 дБ.
- поляризация электромагнитных волн принимаемых антенной горизонтальная.
- коэффициент защитного действия не менее 8 дБ.
- коэффициент стоячей волны, по напряжению не более 2.
- волновое сопротивление присоединительного кабеля 75 Ом.

Эту антенну рекомендуется использовать для приема цифрового телевидения как в условиях неуверенного приема, так и вблизи передающего центра.

Производитель Lixmann. Модель ANT-703

Антенна с усилителем ANT-703 (рис.1.2) предназначена для качественного приема и усиления ТВ и радиосигналов FM, VHF и UHF в сложных условиях города, а усилитель сигнала позволяет располагать антенну вдали от окна, что на много упрощает ее расположение в доме или на даче. Повышенная длина кабеля расширяет возможности

размещения антенны в интерьере помещения, располагая ее в точке наилучшего приема. Антенна прекрасно вписывается в интерьер квартиры. Простота установки. Антенну можно использовать и в автомобиле.

Прием сигналов в диапазонах FM (88...108 МГц), VHF (40...230 МГц) и UHF(470...862 МГц).

Коэффициент усиления 0...36 дБ (с регулировкой).

Световая индикация усиления.

Вход для наружной антенны.

Материал корпуса – пластик.

Тип антенны – активная.

Расположение – комнатная.

Питание – 220 В, 50Гц или 12В, постоянный ток.

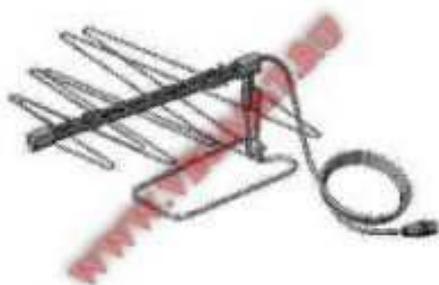


Рис.1.1. Комнатная антенна ДМВ диапазона «Дельта К131.02А»



Рис.1.2. Комнатная антенна ДМВ диапазона ANT-703

2. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ

Проблеме распространения радиоволн внутри помещений последнее время уделяется большое внимание. Это связано, прежде всего, с созданием локальных информационных сетей, а также с необходимостью обеспечения надежной радиосвязью сотрудников предприятий, учреждений с целью оперативного управления и обеспечения безопасности. Наличие внутри здания стен, перегородок, мебели, радиоэлектронной аппаратуры, людей и других объектов создает сложную среду распространения радиоволн. Условия распространения радиоволн внутри помещений существенно отличаются от условий распространения радиоволн в свободном пространстве. Основными эффектами, наблюдаемыми при распространении радиоволн внутри помещений, являются многолучевость, обусловленная многократными отражениями радиоволн от стен и других объектов, дифракция на многочисленных острых кромках предметов, расположенных внутри комнаты, и рассеяние радиоволн. Эти эффекты создают сложную интерференционную структуру электромагнитного поля, сильно изменяющуюся при перемещении людей и других объектов.

В качестве примера на рис.2.1 приведена зависимость мощности принимаемого сигнала от расстояния, измеренная внутри комнаты на частоте $f=914$ МГц. Приведенная зависимость демонстрирует сложный интерференционный характер поля с глубокими пространственными замираниями [5].

2.1. Характер распределения уровней поля внутри помещений

При проникновении УКВ внутрь зданий значение напряженности поля естественно уменьшится. Это связано с потерями сигнала при его прохождении сквозь стены (окна, двери) здания. Кроме того, на нижних этажах зданий величина напряженности поля гораздо меньше, чем на

верхних. Поле на седьмом этаже здания может составлять 6 до 40% от поля на крыше, а в аналогичных условиях на первом этаже - 3 до 7%. На чердаке двухэтажного здания напряженность поля на 9 дБ больше, чем на первом этаже, но на 10 дБ меньше, чем на крыше [6]. Проникновение поля в здание зависит от частоты. На частоте 570 МГц разность величин напряженности поля внутри и вне здания на 7 дБ больше, чем на частоте 55 МГц. Эта разность зависит также от строительного материала и плотности застройки. Для бетонных зданий она на 10 дБ больше, чем для деревянных, и в плотно застроенных районах она на 5 дБ больше, чем в редко застроенных.

По данным [7], излучение на частоте 3,26 ГГц ослабляется на 12 дБ при прохождении сквозь сухую кирпичную стену толщиной 23 см. При увлажнении стены ослабление сигнала быстро возрастает до 46 дБ. Измерения, проведенные на частотах 410 и 627 МГц, показали, что кирпичная стена толщиной 70 см ослабляет сигнал на 10...15 дБ.

В реальных условиях (внутри помещений) мощность принимаемого сигнала отличается от мощности сигнала в свободном пространстве, где, потери растут в соответствии с законом $L \sim r^n$, где $n = 2$.

Внутри зданий показатель степени потерь (экспонента потерь) n обычно больше 2. Из-за многолучевости сигнала в месте приема уровень сигнала от точки к точке изменяется случайным образом. Распределение уровней сигнала по местоположению в помещении, близко к логарифмически-нормальному закону со стандартным отклонением σ приблизительно равным 8...10 дБ в диапазоне частот 1,8...2 ГГц.

Величина n различна для разных помещений и изменяется от частоты. Это положение подтверждают данные табл.2.1 [8].

Однако эксперименты [9] показали, что значение показателя степени определяется, прежде всего, видом трассы внутри помещения. Условно их можно разделить следующим образом:

-трассы с прямой оптической видимостью: а) в пустом помещении;

б) при наличии в помещении большого числа мешающих металлических предметов (шкафы, станки и т.д.);

-трассы с прямой радиовидимостью;

-закрытые трассы.

Таблица 2.1

Значения степени возрастания потерь

Частота, ГГц	Значения \tilde{n}		
	Жилое помещение	Офис	Помещение для торговли
0,9	-	3,3	2,0
1,2...1,3	-	3,2	2,2
1,8...2,0	2,8	3,0	2,2

На трассах с прямой оптической видимостью линия визирования не перекрывается никакими препятствиями и не касается их. На трассах с прямой радиовидимостью сигнал принимается в главном направлении излучения передающей антенны, но за "радиопрозрачной" (деревянной, каменной, железобетонной) стеной. На закрытых трассах сигнал принимается в стороне от главного направления излучения передающей антенны вследствие переизлучения (дифракции, отражения, рассеяния) радиоволн от стен, потолка и пола.

Эмпирические значения степени потерь \tilde{n} , полученные экспериментально, представлены в табл.2.2, где m - число стен через которые проходит сигнал. В табл.2.3 [8] приводятся данные по величинам потерь сигнала, проникающего через m перекрытий (этажей) современного железобетонного здания, в зависимости от частоты, а в табл.2.4 – данные по величинам потерь сигнала в сухих кирпичных (толщиной 17...40 см) и железобетонных (толщиной 15...40 см) стенах.

Анализ результатов экспериментов [9] показал, что после прохождения сигнала через стену, стоящую на пути распространения радиоволны,

значение $\tilde{\gamma}$ возрастает. Иначе говоря, уровень сигнала за препятствием начинает падать быстрее.

Таблица 2.2

Значения степени возрастания потерь $\tilde{\gamma}$

Частота, ГГц	трассы с прямой оптической видимостью		трассы с прямой радиовидимостью		на закрытой трассе
	а)	Б)	$m = 1$	$m = 2$	
0,7	$\leq 1,5$	2,0	2,3	3,6	-
2,7	1,5	1,7...2,0	4,0	5,0	10...13

Таблица 2.3

Потери сигнала при прохождении через m перекрытий, дБ

Частота, ГГц	Жилое помещение	Офис (контора, ведомство)	Помещение для торговли
0,9	—	9 ($m=1$)	—
		19 ($m=2$)	
		24 ($m=3$)	
1,8...2	$4m$	$15+4(m-1)$	$6+3(m-1)$

Таблица 2.4

Величина потерь в стенах, дБ

Частота, ГГц	в сухой кирпичной стене	железобетонной стене
0,7	-	6...12
1,0	4,5...6	-
2,7	5...8	6...12

Установлено, что поляризация волны и коэффициент усиления приемной антенны не оказывает заметного влияния на скорость спада. На

трассах с прямой оптической видимостью, например, в пустом коридоре, потери с расстоянием убывают медленнее, чем в свободном пространстве.

В общем случае значение \tilde{n} меняется в широких пределах. Так, по данным [10] внутри здания, в диапазоне частот 1000...2000 МГц \tilde{n} меняется от 3,8 до 6,5; на частоте около 1300 МГц - от 1,8 до 2,81 [11]. В случае прямой видимости $\tilde{n} = 1,49$.

Наименьшие потери сигнала наблюдаются в сухих стенах и перекрытиях. Однако при увлажнении таких препятствий потери резко возрастают. После полива кирпичной стены потери возрастают примерно в 3...4 раза. Величина потерь в межэтажных перекрытиях на частоте 2,7 ГГц в многоэтажном железобетонном здании (офисе) составляет 12 дБ, а в кирпичном 3-этажном здании - 7,5 дБ.

Кроме того, потери зависят от материала, из которого сделано препятствие (дерево, кирпич, железобетон), и в некоторых случаях от типа поляризации радиоволн.

Кроме пространственных флуктуации уровня наблюдаются изменения уровня сигнала во времени из-за отражения, рассеяния и поглощения волн движущимися объектами (людьми, дверями, лифтами и т.д.).

При распространении радиоволн внутри помещения происходит деполяризация излучаемой радиоволны. У окна, когда условия приема были близки к условиям приема в свободном пространстве, коэффициент деполяризации составлял порядка 20 дБ, а при удалении точки приема от окна внутрь помещения наблюдалась уменьшение значений коэффициента деполяризации.

В работе [12] представлены результаты измерений напряженности поля в помещениях зданий административного типа при размещении передатчика с излучателем в этих же зданиях. Пространственная амплитудно-поляризационная структура поля в объеме комнаты измерялась на частотах 0,7 ГГц, 1,2 ГГц путем проведения локальных разрезов зондирующим полуволновым диполем, последовательно ориентированным в трех

ортогональных направлениях. Анализ экспериментальных данных показали наличие сложного интерференционного поля во всех обследованных помещениях зданий. Пространственные флуктуации уровня напряженности ортогональных составляющих поля внутри помещения и среднем укладывались в пределы 20 дБ, причем положения экстремумов этих составляющих не совпадали, и результирующий вектор поляризации радиосигнала в любой точке пространства оказывался ориентированным случайным образом. Почти во всех комнатах отмечена сильная деполяризация радиосигналов, так что средний уровень основной составляющей ненамного превосходил кроссполяризованные. Значения коэффициента деполяризации определяемые отношением кроссполяризованных составляющих к основной, полученные в помещениях административного здания из сборного железобетона при излучении поля вертикальной поляризации имеют обратную зависимость от частоты.

На рис.2.2 представлены данные измерений среднего ослабления напряженности поля в комнатах, расположенных на одном этаже с излучателем и на различных расстояниях до него. Из рис.2.2 следует, что уровень поля в здании быстро и нелинейно убывает с расстоянием. Разброс значений ослабления радиосигнала в комнатах, равноотстоящих от излучателя, может достигать 10 дБ и более. Также, отмечается частотная зависимость ослабления поля в структуре здания. Измерения на других этажах по отношению к излучателю показали скачкообразное уменьшение напряженности поля. Величина скачка возрастает с увеличением номера этажа и заметно проявляется (до 15...20 дБ) при малых и средних расстояниях. При больших расстояниях величина поэтажного скачка ослабления существенно уменьшается (6...8 дБ) до почти полного исчезновения в зависимости от частоты радиосигнала. Вместе с тем экспоненциальный характер убывания уровня поля с расстоянием сохраняется на любом этаже.

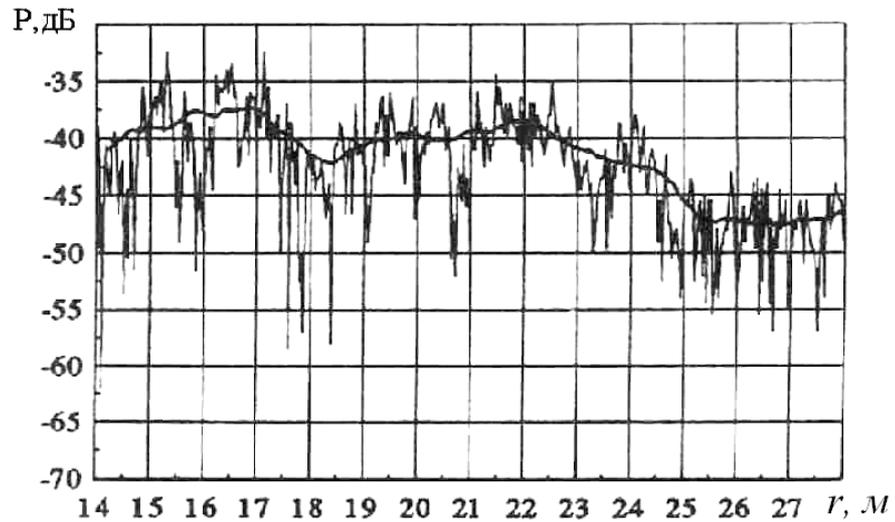


Рис.2.1. Картина замирающего сигнала на входе приемного устройства

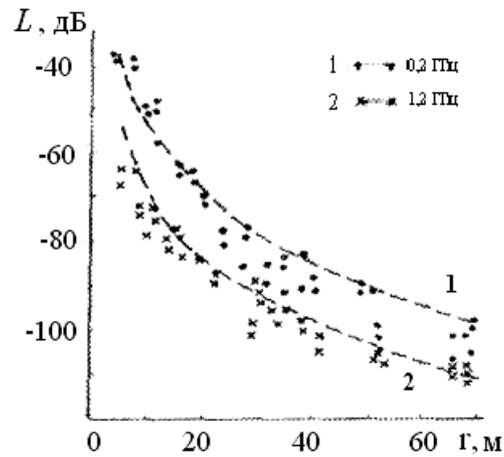


Рис.2.2. Среднее ослабление напряженности поля в комнатах

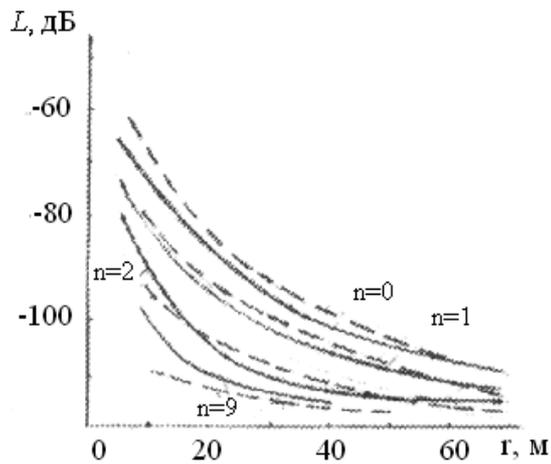


Рис.2.3. Зависимость ослабления сигнала по этажам здания
на частоте 1,2 ГГц

Такая закономерность может свидетельствовать о разных путях и механизмах прохождения радиоволн в структурных образованиях зданий и

по разному проявляющихся с изменением расстояния между корреспондентами. На рис.2.3 представлены усредненные экспериментальные зависимости ослабления радиосигнала частотой 1,2 ГГц по этажам здания из сборного железобетона при установке излучателя на 2-м этаже.

Подобные зависимости построены и для других частот 0,2 ГГц и 0,7 ГГц. Многолучевой характер прохождения радиоволн в структурах зданий весьма усложняет моделирование процессов ослабления поля, в связи с чем в [25] была предложена эмпирическая модель убывания напряженности поля

$$V_{дБ} = -(50 + \lambda / \lambda_0) \lg(r / \lambda_0) - 10 \lg[1 + (\lambda_0 / \lambda)^3] - 10n_p \lg(1 + 10\lambda_0^2 / r\lambda) \quad (2.1)$$

В этом выражении первый и второй члены учитывают зависимость ослабления поля от длины радиоволны λ и относительного расстояния r между корреспондентами, λ_0 - длина волны в один метр. Третий член определяет междуэтажный скачок изменения напряженности поля. В этой формуле n_p - разность номеров этажей расположения приемника и передатчика. Это выражение применимо в частотной области $0,1 \text{ ГГц} \leq f \leq 10 \text{ ГГц}$ для зданий административного типа. В других типах зданий жилых, промышленных цехах, складских помещениях и т.д. закономерности изменений напряжённости поля могут существенно отличаться. Расчетные кривые для случая $n = 0$ нанесены пунктирными линиями на экспериментальные результаты, приведенные на рис.2.2, и показывают удовлетворительное согласие. На рис.2.3 также пунктиром приведены расчетные зависимости ослабления поля на частоте 1,41 ГГц с учетом междуэтажных скачков напряженности при $n_p = 0, 1, 2, 3$. Эти зависимости удовлетворительно согласуются с экспериментальными кривыми.

Для сравнения достижимых уровней дифракционной и волноводной составляющих волн со «сквозной» компонентой в работе [13] приведены результаты измерений относительного ослабления сигналов при их распространении из одной комнаты многоэтажного панельного здания в другую, получена следующая эмпирическая формула для ориентировочной

оценки средних значений $F_{\text{отн},a,b}(\text{дБ}) = -97N + \Delta_{a,b}$, где $N = 5...10$ - число промежуточных комнат между комнатой расположения передатчика и комнатой расположения приемника (случай *a*) или комнатой на противоположной стороне коридора (случай *б*), $\Delta_{a,b}$ - дополнительное ослабление, возникающее вследствие условий приема $\Delta_a = 0$ дБ, $\Delta_b = -10$ дБ;

В комнатах, достаточно близко расположенных к передатчику, максимальные значения напряжения достигались при размещении приемной антенны у окна, что свидетельствовало о превалирующем вкладе дифракционной компоненты. В более отдаленных комнатах максимальные значения наблюдались в различных местах комнат, что, по-видимому, вызвано конкурирующим проявлением волноводной компоненты и ее интерференцией с дифракционной. Относительное ослабление сигнала имело выраженную частотную зависимость, наибольшее ослабление зафиксировано для частоты 930 МГц, наименьшее - для частоты 460 МГц. При этом в случае *б* по сравнению со случаем *a* расположения приемной антенны уровень ослабления был больше в среднем на 27 дБ. Разница между максимальным и минимальным уровнями относительного ослабления, измеренных в пределах одной комнаты, в случае *a* составляла 30...50 дБ, а в случае *б* существенно меньше - 20...35 дБ.

Ожидаемые средние значения $F_{\text{отн}}$ можно оценить по формуле $F_{\text{отн},a,b} = -8,5N + \Delta_{a,b}(f)$, дБ, где $N = 5...10$ - число промежуточных комнат между комнатой, расположенной над (или под) комнатой размещения передатчика на соседнем этаже, и комнатой приемника (случай *a*) или комнатой на противоположной стороне коридора от комнаты приемника (случай *б*); $\Delta_a(460\text{МГц}) = -5$ дБ, $\Delta_a(930\text{МГц}) = -20$ дБ, $\Delta_b(f) = \Delta_a(f) = -27$ дБ. Аналогичные результаты приведены также в [14].

Полученные результаты измерений и оценки уровней ослабления радиоволн, а также результаты анализа влияния «сквозной», дифракционной и волноводной компонент на формирование результирующего поля в

различных комнатах здания могут быть использованы при корректировке существующих физико-математических моделей радиоканалов передачи - приема сигналов внутри здания.

У окна, когда условия приёма были близки к условиям приёма в свободном пространстве, коэффициент деполяризации составлял порядка 20 дБ, а при удалении точки приёма внутрь помещения, наблюдалось, уменьшение значений коэффициента деполяризации [9].

Величина «расширение задержки» Δt меняется от точки к точке, так что обычно пользуются среднеквадратичными величинами Δt на площадке диаметром в несколько длин волн. Иногда полагают, что огибающая уровня при расширении подчиняется экспоненциальному закону, полного подтверждения этому факту пока нет.

В табл.2.5. [8] приводятся среднеквадратичные значения Δt сигнала на уровне -30 дБ, полученные в эксперименте с ненаправленными антеннами на частоте сигнала 1900 МГц.

Таблица 2.5

Среднеквадратичное значение Δt в различных помещениях
на частоте 1900 МГц

Частота, ГГц	Тип помещения	Среднеквадратичное значение Δt , нс		
		минимальные	средние	максимальные
1,9	Жилой дом	20	70	150
1,9	Офис	35	100	460
1,9	Помещение для торговли	55	150	500
5,2	Офис [3]	45	75	150

В табл.2.6 приведены результаты измерений в различных помещениях величины Δt импульсного сигнала на частоте сигнала 637 МГц [15].

Таблица 2.6

Диапазон среднеквадратичных значений Δt на частоте 637 МГц

Тип помещения	Среднеквадратичное значение $\Delta\tau$, нс	
	средние	максимальные
Магазин радиоэлектронных устройств	15...29	40
Помещение для измерительного оборудования	31...62	60
Помещение для тяжелого энергетического оборудования (печи, трансформаторы)	48...90	152

Из приведенных таблиц видно, что «время расширения задержки» сигнала в помещениях лежит в пределах 5...500 нс. Нетрудно подсчитать, что разность хода между прямым и отраженными лучами в этом случае изменяется примерно от 5 до 150 м. Предполагается, что время «расширения задержки» не зависит от частоты в диапазоне выше 30 МГц [12]. Однако на величину $\Delta\tau$ влияет поляризация радиоволн и ширина диаграммы направленности приемной антенны. На трассах с прямой видимостью внутри помещений наименьшая величина задержки $\Delta\tau$ получается при круговой поляризации радиоволн. Дело в том, что при отражении волн от плоских поверхностей элементов здания доминируют углы падения больше 45° , т.е. больше угла Брюстера. (для большинства конструктивных материалов угол Брюстера больше 45°). Поэтому в диапазоне 1,3...60 ГГц вектор поляризации отраженных волн вращается в обратную сторону и слабо воспринимается приемной антенной, настроенной на круговую поляризацию излучаемой волны.

В табл.2.7 приведена зависимость величины «расширения задержки» от ширины диаграммы направленности приемной антенны [8] при ненаправленной передающей антенне. Приведенная зависимость найдена по методу сложения лучей в пустом помещении офиса 1,5x7,8 м.

Таблица 2.7

Ширина диаграммы направленности приёмной антенны в горизонтальной плоскости	Среднеквадратичное значение Δt в 90% случаев, нс
360^0	17
60^0	16
10^0	5
5^0	1

Данные о «величине расширения задержки» необходимы при проектировании высокоскоростных цифровых систем, но приведенных данных о Δt недостаточно, так как требуется статистика формы «расширения задержки». Следует с осторожностью относиться к этим данным при периоде повторения импульсов меньше Δt .

Величина потерь сигнала при проникновении в здание определяется как разность уровней измеренных на улице и внутри здания, дБ. Такие потери, очевидно, зависят от конструкции, материала и расположения здания и, разумеется, от частоты сигнала. Поэтому измеренная величина потерь изменяется от нескольких единиц до 10 децибел. Для расчета потерь в городе, при проникновении сигнала в здание офиса в диапазоне частот 400... 1400 МГц предлагается формула [16]

$$L_{ст} = 16 - 2N_s, \text{ дБ}, \quad (2.2)$$

где N_s - номер этажа (между 0 и 8).

Следует иметь в виду, что за рубежом 1-й этаж здания считается нулевым, 2-й - первым ($N_s = 1$) и т.д.

В пригородных домах, на частотах между 200 и 1000 МГц, медианное значение потерь проникающего сигнала лежит в пределах 6...10 дБ.

Измерения величины потерь уровней сигналов, проникающих в небольшие дома сельской местности, проводились авторами [17] в Московской области. Потери определялись как разность уровней сигнала, измеренных в нескольких точках внутри и вне дома на открытой местности.

Измерялся сигнал от радиопередающего центра или от генератора. Вокруг домов обычно был сад (деревья и кустарники). На частотах 100...300 МГц величина потерь сигнала составила примерно 11 дБ, на частотах 1...2,7 ГГц - примерно 13 дБ.

Приведенные данные о распространении радиоволн внутри помещений имеют большой разброс, однако они могут быть использованы для ориентировочной оценки характеристик сигнала. Более точный расчет может быть сделан, если известен план помещений здания, загрузка помещений, диапазон используемых частот и другие сведения.

2.2. Модели используемые для описания условий распространения радиоволн внутри помещений

Большинство моделей, используемых для расчетов радиотрасс, расположенных внутри зданий, основано на формуле, описывающей распространение радиоволн в свободном пространстве. Однако наличие стен, пола, мебели, людей и других объектов оказывает существенное влияние на характер распространения радиоволн. Многообразие условий приводит к необходимости использовать некоторые эмпирические модели, основанные на многочисленных экспериментах по исследованию условий распространения радиоволн внутри помещений. В работе [14] предложено несколько моделей, в которых потери на трассе определяются соотношением

$$L(d) \approx L_P(d/d_0)^n, \quad (2.3)$$

где L_P - потери при распространении на трассе прямой видимости длиной d_0 ,

d - расстояние между передатчиком и приемником.

Причем, в некоторых моделях значение n является постоянной величиной, в других - зависит от расстояния. Например, до расстояний около 10 м $n = 2$, в интервале расстояний $10 < d < 20$ м - $n = 3$, для $20 < d < 40$ м - $n = 6$, при $d > 40$ м - $n = 12$. Увеличение значения n с ростом расстояния, вероятно,

связано с увеличением числа стен, отделяющих приемную антенну от передающей.

Если передающая антенна расположена внутри комнаты, то независимо от ее положения многократное отражение радиоволн от стен, пола, потолка, мебели и других объектов приводит к увеличению мощности принимаемого сигнала по сравнению со свободным пространством. Это напоминает явление реверберации, хорошо изученное в акустике. Рассмотрим малую площадку dS , произвольно расположенную внутри комнаты. Если предположить, что радиоволны распространяются с равной вероятностью во всех направлениях, то с волной, бегущей, например, слева направо связана половина мощности, переносимой через эту площадку при нормальном падении. При падении волны под произвольным углом на выделенную площадку переносимая мощность в среднем в два раза меньше, чем при нормальном падении. Следовательно, одна четверть полного потока энергии проходит через произвольную малую выделенную площадку. Если учесть, что плотность потока энергии W на расстоянии d от источника мощностью P_T в свободном пространстве определяется формулой

$$w = \frac{P_T}{4\pi d^2}, \quad (2.4)$$

вводя средний коэффициент поглощения поверхности $\bar{\alpha}$ и суммируя по всей поверхности, можно записать соотношение

$$\frac{W}{4} \sum S \bar{\alpha} = P_T (1 - \bar{\alpha}), \quad (2.5)$$

Тогда для плотности потока энергии реверберационного поля имеем

$$W = \frac{4P_T}{R}, \quad R = \frac{\sum S \bar{\alpha}}{(1 - \bar{\alpha})}, \quad (2.6)$$

Комбинируя мощность прямого сигнала и реверберационного поля, а также учитывая эффективную площадь приемной антенны, получаем

$$P_R = P_T \left(\frac{1}{4\pi d^2} + \frac{4}{R} \right) \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right), \quad (2.7)$$

Из (2.7) получаем выражение для потерь

$$L_p = 10 \lg \left[\left(\frac{1}{4\pi d^2} + \frac{4}{R} \right) \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \right], \quad (2.8)$$

В качестве примера приведем рассчитанные по формуле (2.8) зависимости потерь от расстояния для небольшой комнаты размерами 3,3x5,1x2,1 м для различных значений коэффициента поглощения α (рис. 2.4). Сплошной линией для сравнения показаны потери при распространении в свободном пространстве.

На рис. 2.5 приведены зависимости от расстояния разности потерь, рассчитанных по формуле (2.8), и потерь в свободном пространстве при различных значениях суммарной площади поверхности и $\alpha = 0,9$.

Цифры около кривых на графике означают площадь поглощающей поверхности. Из рис. видно, что потери в комнате сильно зависят от эффективного коэффициента поглощения строительных материалов и покрытий. Значения коэффициентов отражения и прохождения, а также эффективного коэффициента поглощения $\bar{\alpha}$ для некоторых материалов на частоте 60 ГГц приведены в табл.2.8.

При исследовании распространения радиоволн в условиях городской застройки или внутри зданий и помещений возникает необходимость расчета коэффициента прохождения волны через стены, перегородки и другие слоистые среды.

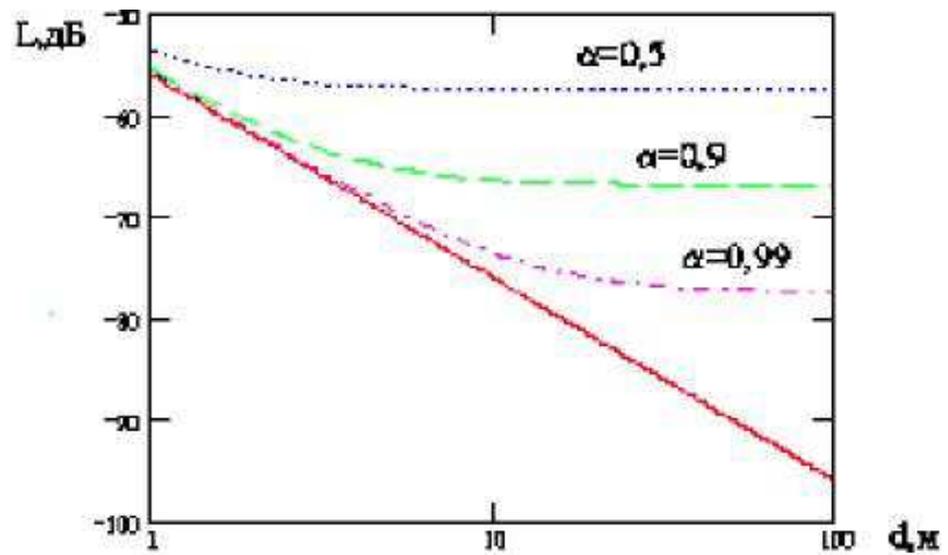


Рис. 2.4. Зависимости разности потерь передачи от расстояния

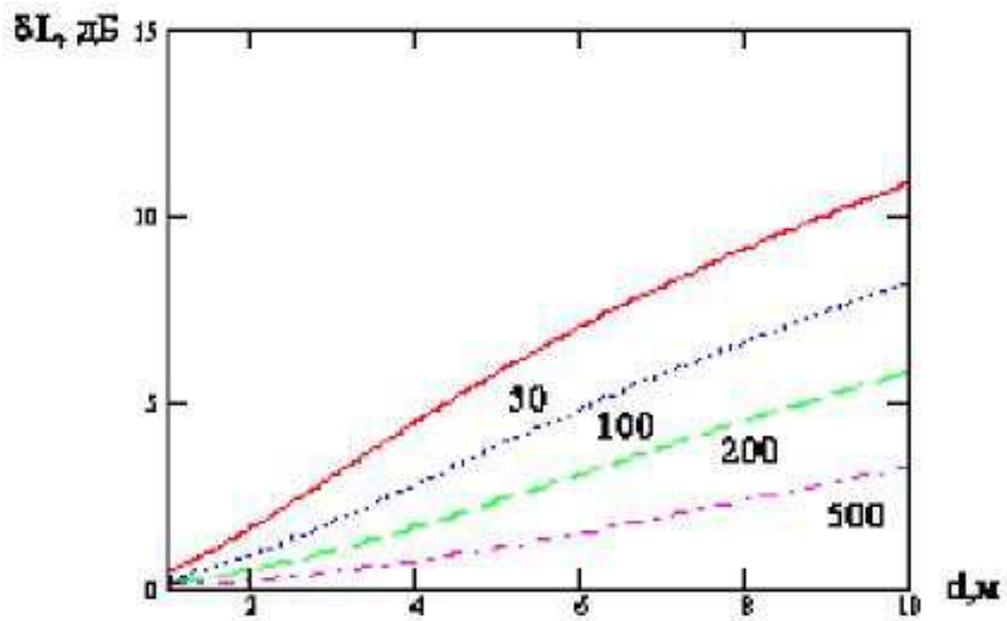


Рис. 2.5. Зависимости разности потерь передачи от расстояния

Таблица 2.8

Материал	Коэффициент прохождения, %	Коэффициент отражения, %	$\bar{\alpha}$
Гипсовая панель (s=1 см)	42,5	2,0	0,98
Фибролит (s=1,9 см)	4,5	20,0	0,8
Бетонная Плита (s=10 см)	0,0001	16,0	0,84

Рассмотрим падение электромагнитной волны на плоский слой толщиной d , свойства которого характеризуются относительными диэлектрической и магнитной проницаемостями ε_2 и μ_2 (см. рис.). Слева от слоя (в области $z < 0$) свойства среды описываются параметрами ε_1 и μ_1 , а справа (в области $z > d$) - ε_3 и μ_3 . Для ТЕ-поляризации компоненты электромагнитного поля можно представить в следующем виде:

в области $z < 0$

$$E_y^{(1)} = e^{ik_1 \sin \vartheta_1 x} \left(e^{ik_1 \cos \vartheta_1 z} + R_d e^{-ik_1 \cos \vartheta_1 z} \right), \quad (2.9)$$

$$H_x^{(1)} = e^{-ik_1 \cos \vartheta_1 z} \frac{\cos \vartheta_1}{\zeta_1} \left(e^{ik_1 \cos \vartheta_1 z} - R_d e^{-ik_1 \cos \vartheta_1 z} \right), \quad (2.10)$$

в области $0 \leq z \leq d$

$$E_y^{(2)} = e^{ik_2 \sin \vartheta_2 x} \left(A e^{ik_2 \cos \vartheta_2 z} + B e^{-ik_2 \cos \vartheta_2 z} \right), \quad (2.11)$$

$$H_x^{(2)} = e^{-ik_2 \cos \vartheta_2 z} \frac{\cos \vartheta_2}{\zeta_2} \left(A e^{ik_2 \cos \vartheta_2 z} - B e^{-ik_2 \cos \vartheta_2 z} \right), \quad (2.12)$$

в области $z > d$

$$E_y^{(3)} = e^{ik_3 \cos \vartheta_3 x} T_d^\perp e^{ik_3 \cos \vartheta_3 z}, \quad (2.13)$$

$$H_x^{(3)} = -e^{ik_3 \sin \vartheta_3 x} \frac{\cos \vartheta_3}{r} T_d^\perp e^{ik_3 \cos \vartheta_3 z}, \quad (2.14)$$

Здесь R_d^\perp и T_d^\perp - коэффициенты отражения и прохождения для слоя толщиной d . Используя условия непрерывности тангенциальных компонент поля на границах $z=0$ и $z=d$, получим выражения для коэффициента отражения и коэффициента прохождения

$$R_d^\perp = \frac{R_{23}^\perp e^{2i\delta} + R_{12}^\perp}{1 + R_{12}^\perp R_{23}^\perp e^{2i\delta}}, \quad (2.15)$$

$$T_d^\perp = \frac{T_{12}^\perp T_{23}^\perp e^{i\delta}}{1 + R_{12}^\perp R_{23}^\perp e^{2i\delta}}, \quad (2.16)$$

где R_{12}^\perp и R_{23}^\perp - коэффициенты отражения Френеля плоской ТЕ-волны, падающей слева на границы раздела сред $z=0$ и $z=d$. Аналогично T_{12}^\perp и T_{23}^\perp - коэффициенты прохождения плоской волны через эти границы.

В работах [16-17] приведены некоторые результаты экспериментальных исследований электромагнитных свойств некоторых строительных конструкций (стен, перегородок и т.п.). В ряде работ исследованы свойства однородных строительных материалов. В качестве примера приведем значения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь в диапазоне 2-7 ГГц для некоторых материалов [16]

Следует отметить, что наиболее сильное отличие коэффициентов прохождения в разных частотных диапазонах наблюдается для красного кирпича и шлакоблоков.

При расчетах характеристик сигналов внутри зданий и помещений используются различные модификации лучевых методов [10-13, 14-16], позволяющие учитывать отражение радиоволн от стен, пола и потолка, местных предметов, дифракцию волн на дверях и окнах и другие явления, сопутствующие распространению радиоволн.

3. АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ПОЛЯ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ

3.1. Постановка задачи

Прием сигналов от удаленного внешнего источника внутри здания можно прогнозировать только в самых общих чертах. Помимо условий распространения радиоволн от передатчика к приемнику, определяемых высотой расположения пунктов, плотностью и характером застройки, на уровень сигнала существенным образом влияет конструкция здания и материал, а также положение приемника внутри здания. Учет всех этих обстоятельств практически не возможен, так как внутри одного и того же помещения возможны такие расположения приемной аппаратуры, при которых прием может быть как хорошим, так и плохим, а иногда и совсем отсутствовать. Сложный интерференционный характер поля внутри помещения порождает резкие перепады в уровне принимаемого сигнала, превышающие зачастую 20 дБ, даже при небольшом перемещении приемника. Изменение частоты сигнала приводит к перераспределению полей, так что приемлемое ранее расположение аппаратуры может оказаться совершенно неудачным. Результаты измерений, приведенные в различных работах, трудно сопоставимы и могут казаться противоречивыми, если не учитывать крайнюю чувствительность пространственной интерференционной картины поля внутри помещения к изменению каких-либо условий передачи или приема сигнала.

Поэтому, в целях получения соответствующей картины распределения уровней поля внутри зданий от сигналов цифрового телевидения, было решено проведение экспериментального исследования измерения уровней поля сигналов ЦТВ внутри помещений ТУИТ, которое позволит определить степень потерь в стенах зданий, построенных из местных строительных материалов (красный кирпич, желтый кирпич, железобетон).

Знание реальных уровней сигналов внутри помещений и распределения уровней поля будет полезен при выборе типов комнатных антенн для приема ЦТВ внутри зданий и помещений.

3.2. Методика проведения экспериментального исследования

Измерения, представленные в данной работе, были выполнены в различных аудиториях ТУИТ. Были выбраны несколько помещений, размеры которых имеют достаточное место для возможности отражения и эффектов дифракции. Структуры окон в ТУИТ состоят из пластмассовой и алюминиевой структуры, в которых имеется двойная стеклянная пластина. Окна расположены в секции кирпичной стены, покрытой тонким слоем известкового раствора. Полная толщина этой стены составляет 40 см.

В качестве источника будет использован сигнал от антенны ЦТВ, расположенная на телевизионной башне Центра радиосвязи, радиовещания и телевидения. При проведении измерений в точке приема воспользовались селективным приемником сигналов FSH-6 фирмы Rhode&Schwartz. Измерения уровней сигналов проводились на высоте 1,5 м от пола. Во время измерений фиксировались зависимость одинаковых значений мощностей от координат внутри помещений, с помощью которых строились изолинии. Таким образом, на определенной частоте сигнала, излучаемой с антенн ЦТВ, собраны образцы, показывающие распределение уровней поля внутри помещения. Также, для определения величины потерь в стенах зданий, определялись мощность сигнала снаружи помещения и внутри. Приемная антенна имеет горизонтальную поляризацию.

Для получения более подробной картины распределения уровней поля измерения рекомендуется проводить измерения на 15...20 различных точках внутри помещения. Для каждого из таких расстояний проводится 5...10 измерений на различных направлениях от передающей станции для получения должной оценки среднего значения поля.

3.3. Параметры антенн, используемых для передачи сигналов цифрового телевидения

В РТПЦ установлен передатчик мощностью и соответствующие антенны излучающие радиосигнал с вертикальной поляризацией в северном, с горизонтальной поляризацией в южном направлении от РТПЦ. Диаграммы направленности приведены на рис.3.4. Антенны установлены на высоте 220 м.

На передачу сигналов ЦТВ используются панельные антенны фирмы “KATHREIN” [18] - К 72 31 47 в южном направлении и К 73 31 47 в северном направлении. К панелям антенн подводится мощность в 2 кВт.

Таблица 3.1

Параметры антенных панелей К 72 31 47 и К 73 31 47

Тип	К 72 31 47	К 73 31 47
Поляризация	горизонтальная	вертикальная
Коэффициент стоячей волны (КСВН)	<1,1	<1,2
Коэффициент усиления	11 дБ	
Рабочий диапазон частот	470...860 МГц	
Максимально подводимая мощность	1 кВт	

В северном направлении используют две двухэтажные панельные антенны расположенные под углом в 90^0 (панели марки К 73 31 47). В южном направлении схема расположения панелей представлена на рис.3.3. Коэффициент усиления G каждой двухэтажной панельной антенны – 14 дБ.

К каждой панели подводится мощность в 200 Вт.

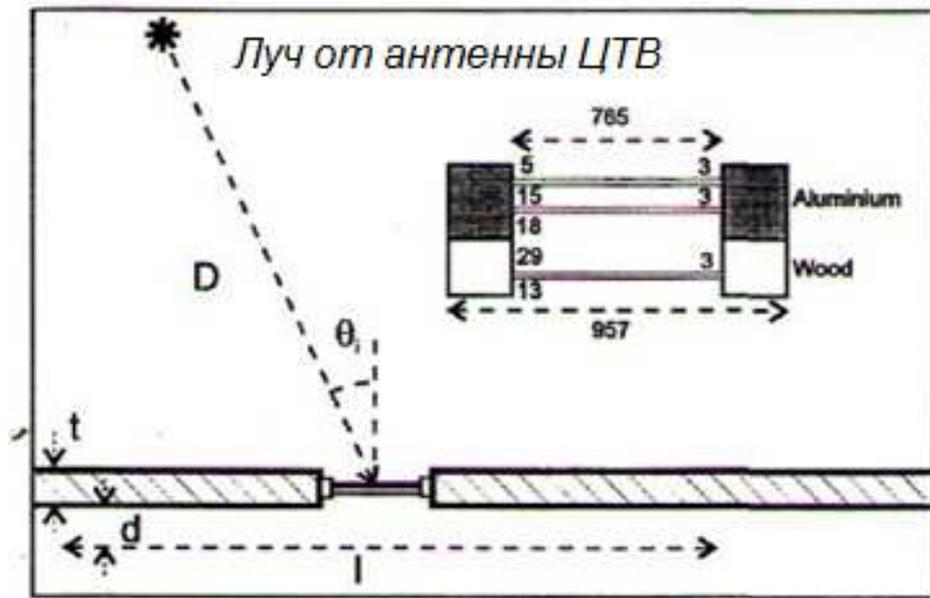


Рис.3.1. Изученная конфигурация окна

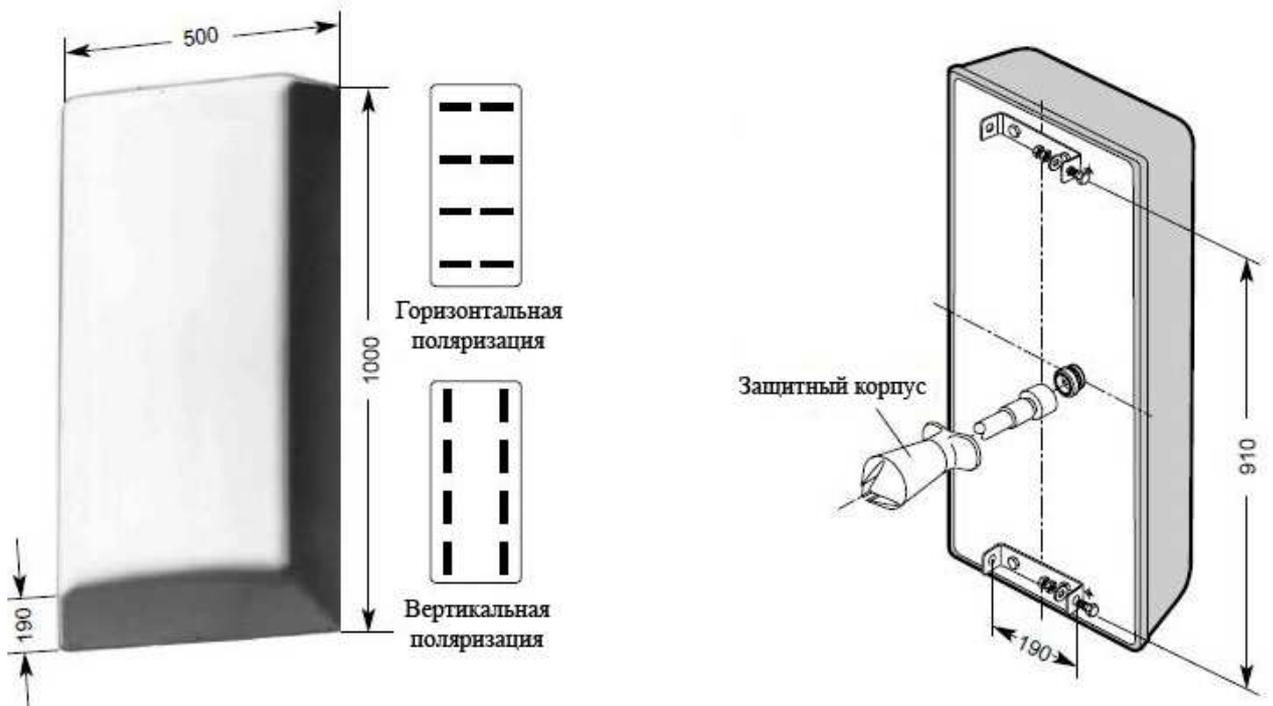


Рис 3.2. Внешний вид панели передающей антенны



Рис.3.3. Расположение панелей антенны на башне ЦРРТ

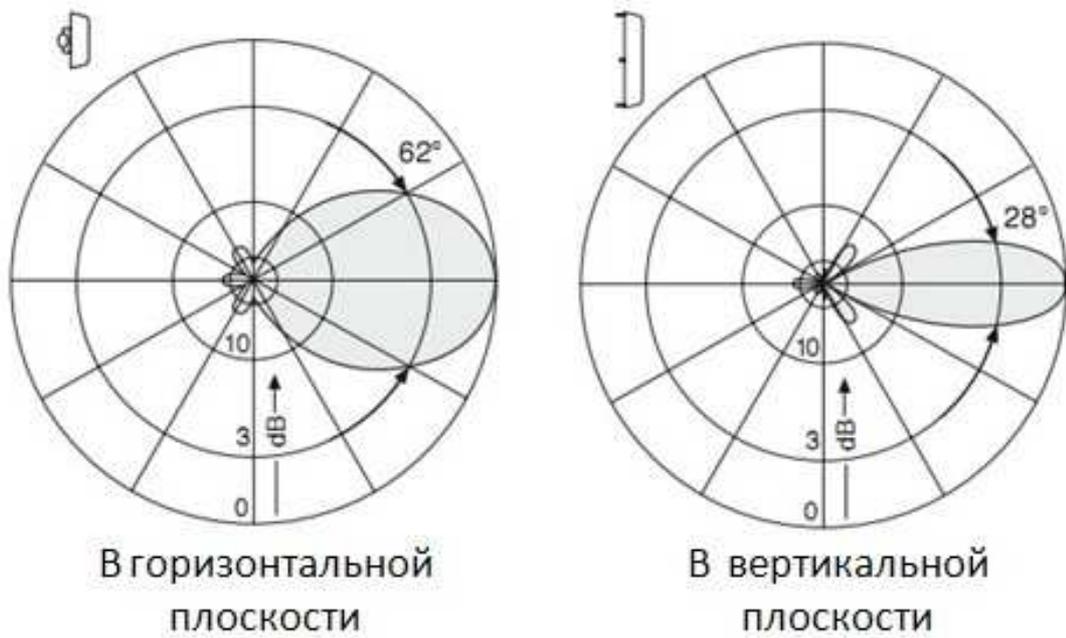


Рис.3.4. Диаграммы направленности передающей антенны

3.4. Результаты экспериментального исследования распределения уровней поля сигналов цифрового телевидения внутри помещений

3.4.1. Результаты измерения уровней поля сигналов цифрового телевидения

В данном параграфе приводятся результаты измерения напряженности поля внутри помещений ТУИТ. Измерения проведены на частотах 639,25 МГц.

Приемная антенна располагалась на высоте $h = 1,5$ м от пола.

Измерения проводились с помощью передвижного измерительного оборудования FSH-6. Внешний вид прибора показан на рис.3.5. на передней панели имеется дисплей и соответствующие кнопки управления.



Рис.3.5. Внешний вид измерительного оборудования FSH-6

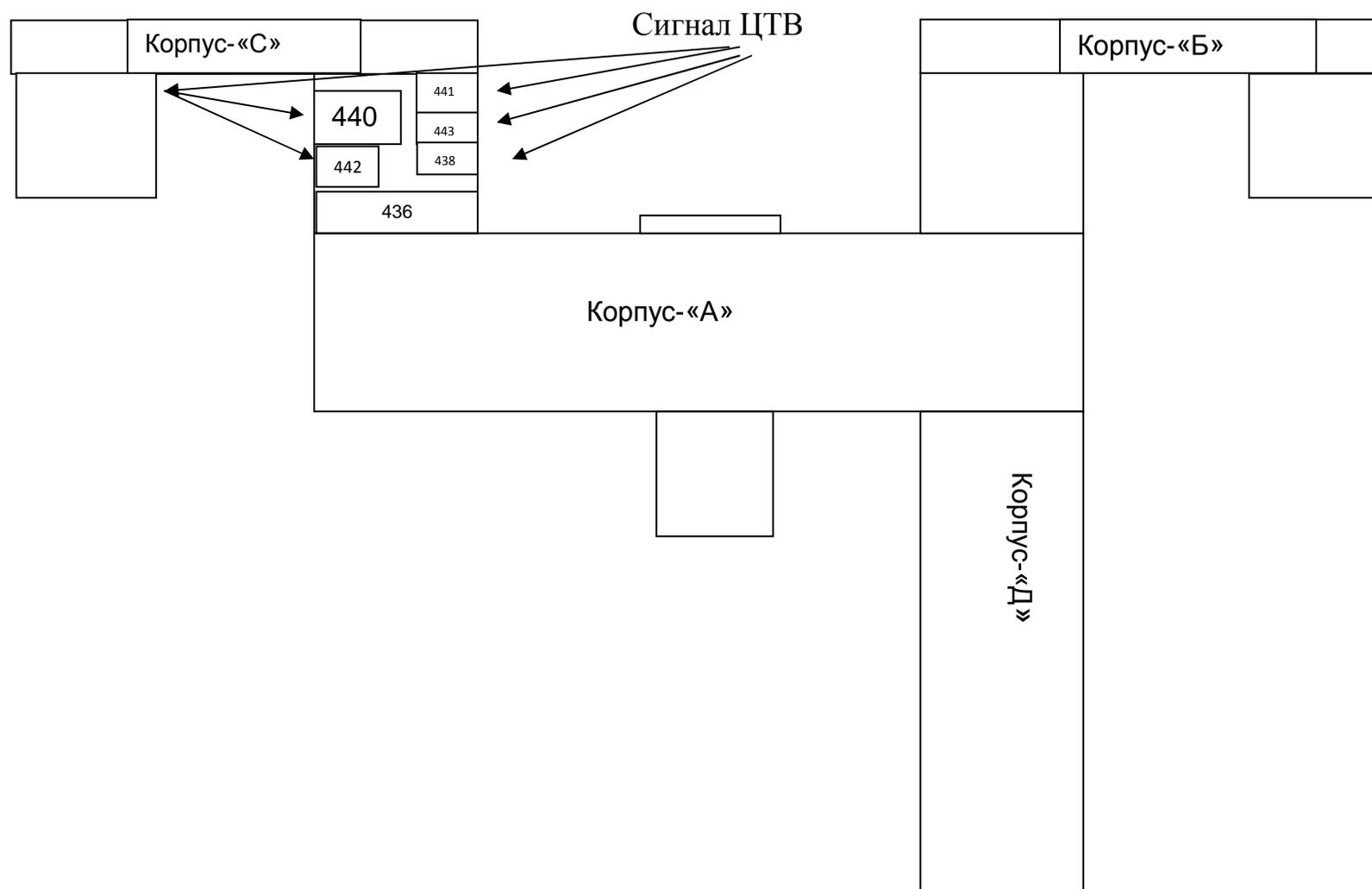


Рис. 3.6. Схема здания ТУИТ (расположение аудиторий, где проводились измерения)

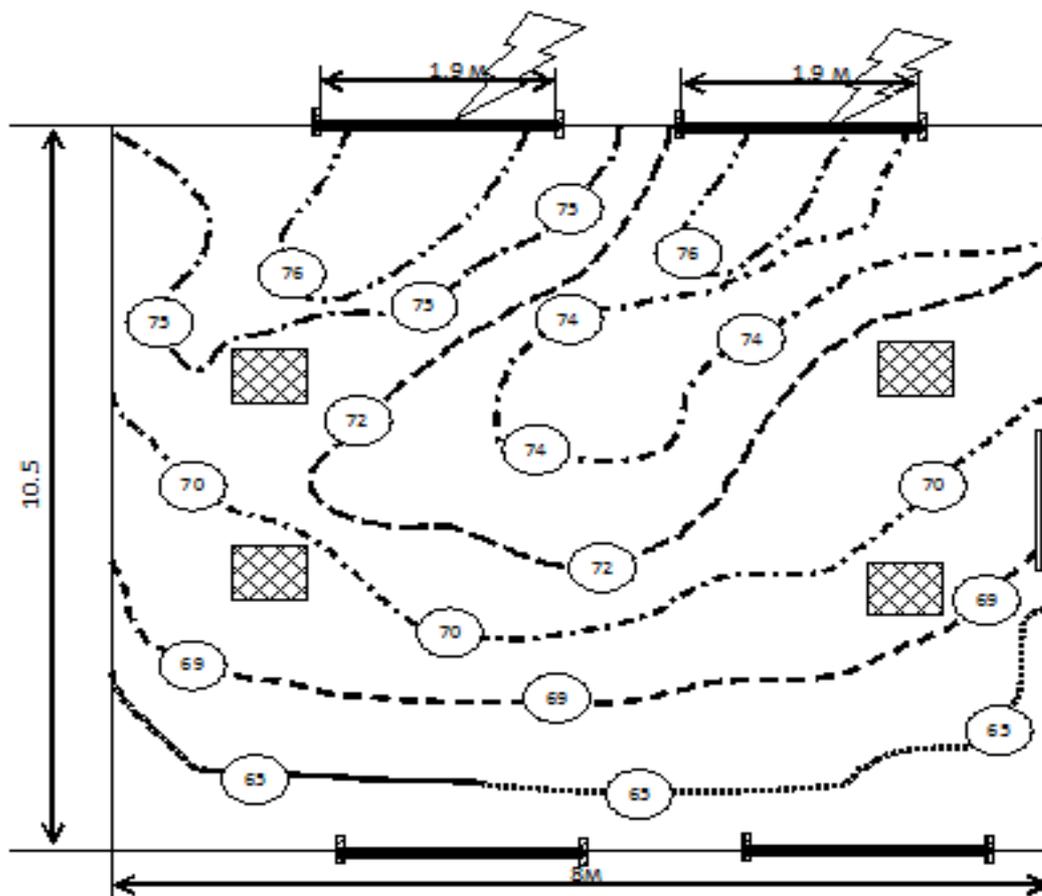


Рис.3.7.а. Изолиния уровней поля сигналов ЦТВ в аудитории 436С
на частоте 639,25 МГц

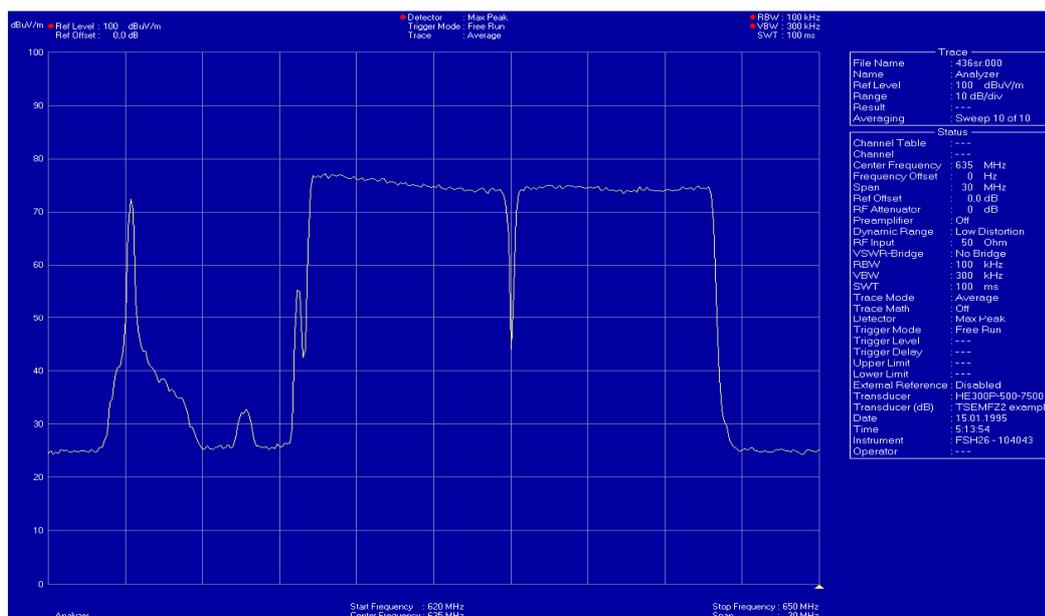


Рис.3.7.б. Спектрально-амплитудная характеристика 41-42 каналов ЦТВ
в аудитории 436С

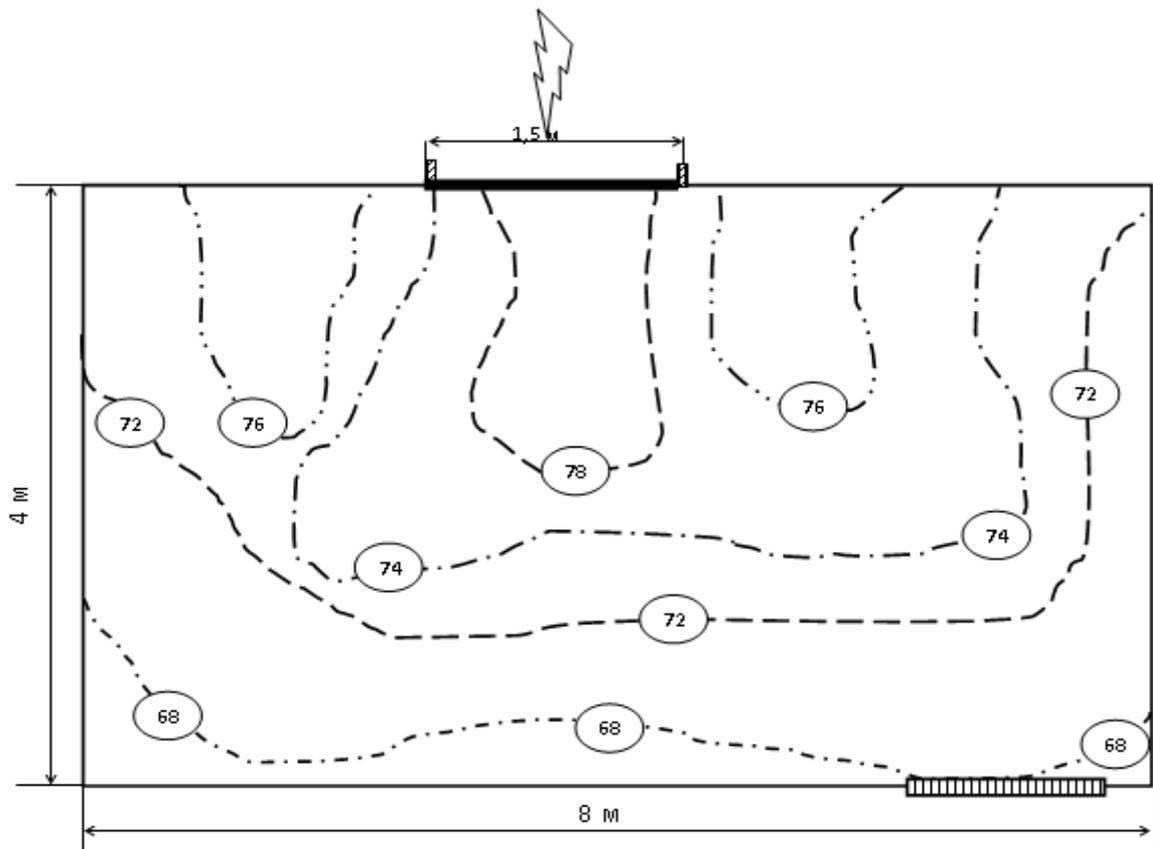


Рис.3.8.а. Изолиния уровней поля сигналов ЦТВ в аудитории 438С
на частоте 639,25 МГц

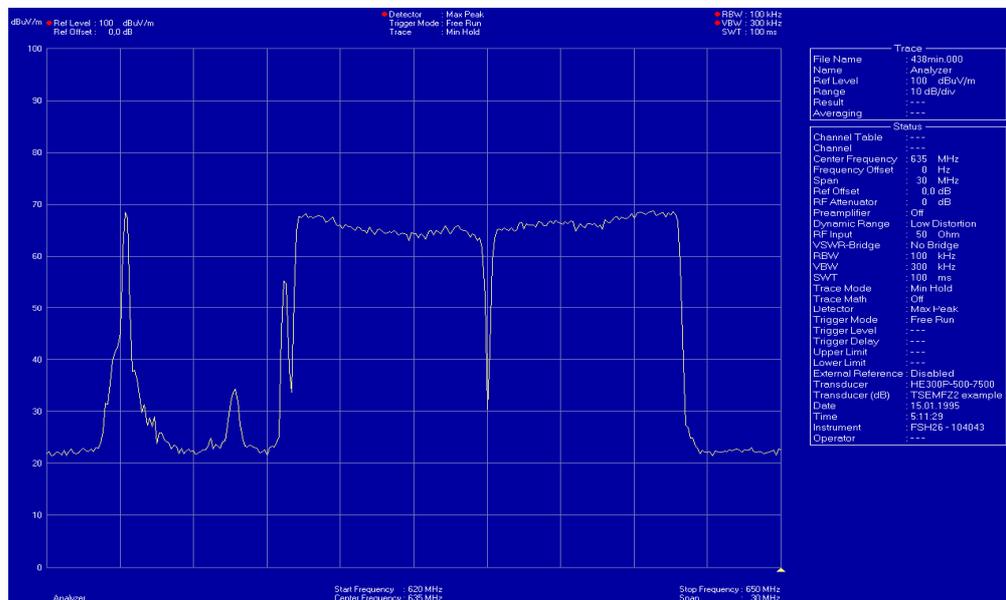


Рис.3.8.б. Спектрально-амплитудная характеристика 41-42 каналов ЦТВ
в аудитории 438С

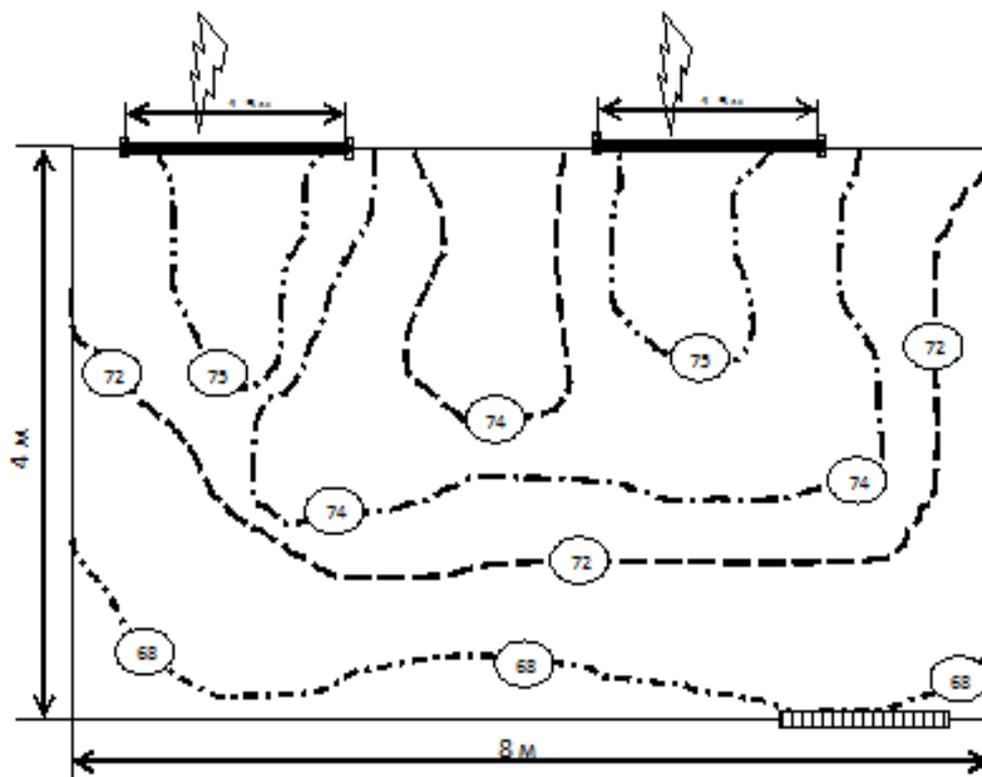


Рис.3.9.а. Изолиния уровней поля сигналов ЦТВ в аудитории 441С
на частоте 639,25 МГц

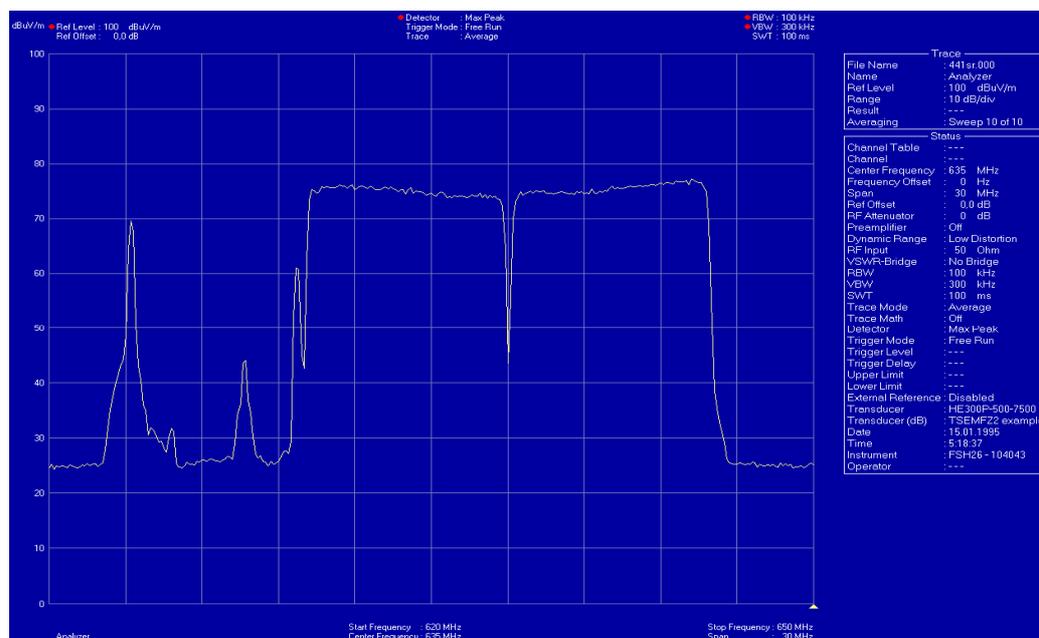


Рис.3.9.б. Спектрально-амплитудная характеристика 41-42 каналов ЦТВ
в аудитории 441С

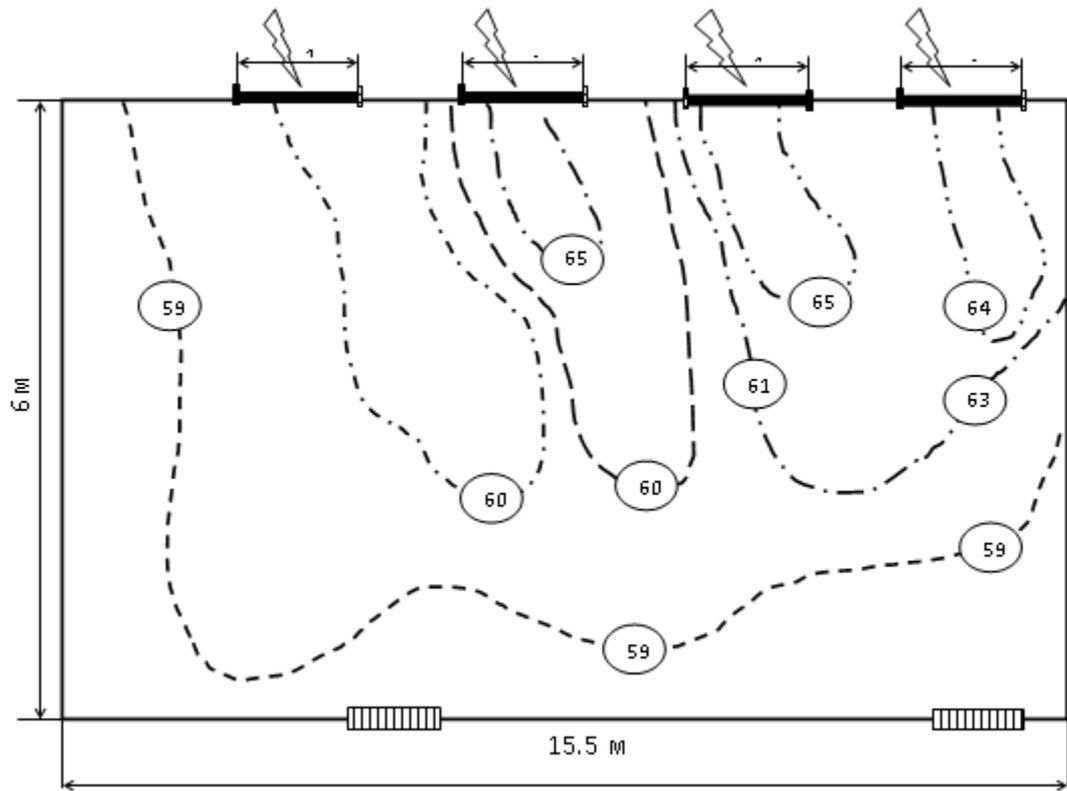


Рис.3.10.а. Изолиния уровней поля сигналов ЦТВ в аудитории 443С
на частоте 639,25 МГц

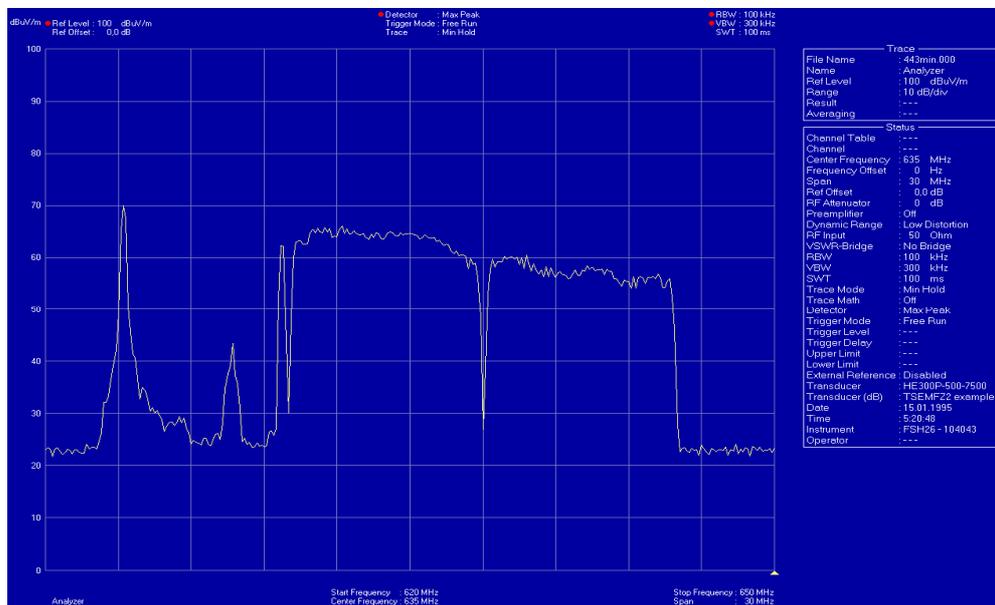


Рис.3.10.б. Спектрально-амплитудная характеристика 41-42 каналов
ЦТВ в аудитории 443С

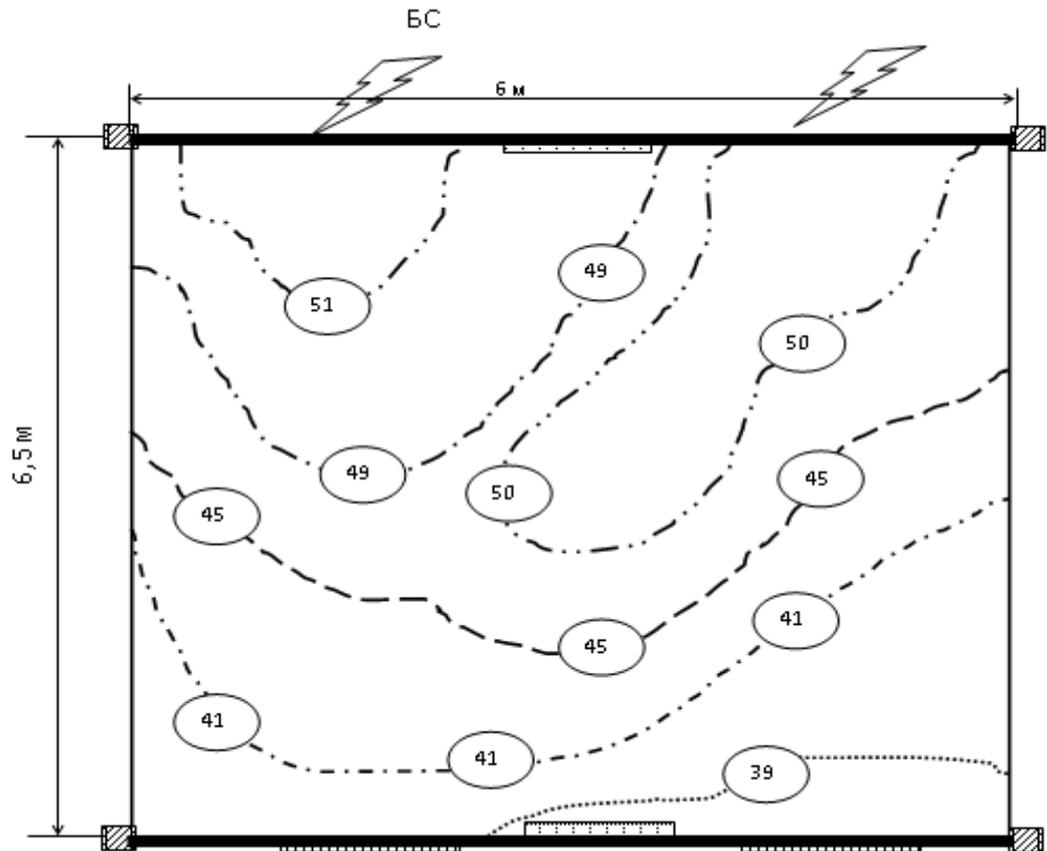


Рис.3.11.а. Изолиния уровней поля сигналов ЦТВ в аудитории 440С
на частоте 639,25 МГц

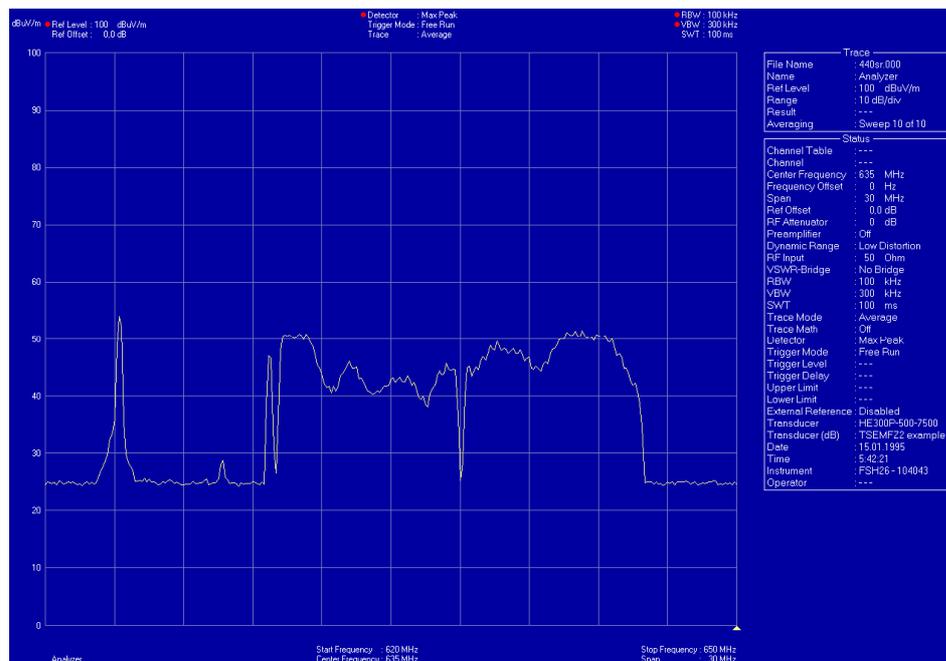


Рис.3.11.б. Спектрально-амплитудная характеристика 41-42 каналов
ЦТВ в аудитории 440С

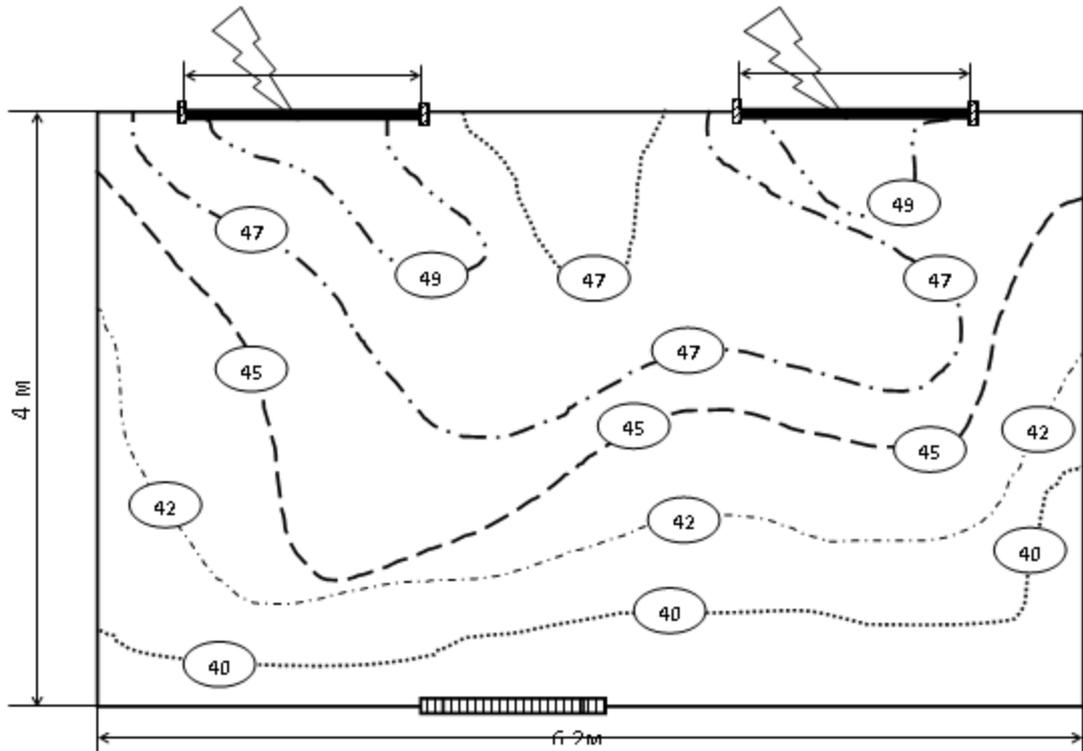


Рис.3.12.а. Изолиния уровней поля сигналов ЦТВ в аудитории 442С
на частоте 639,25 МГц

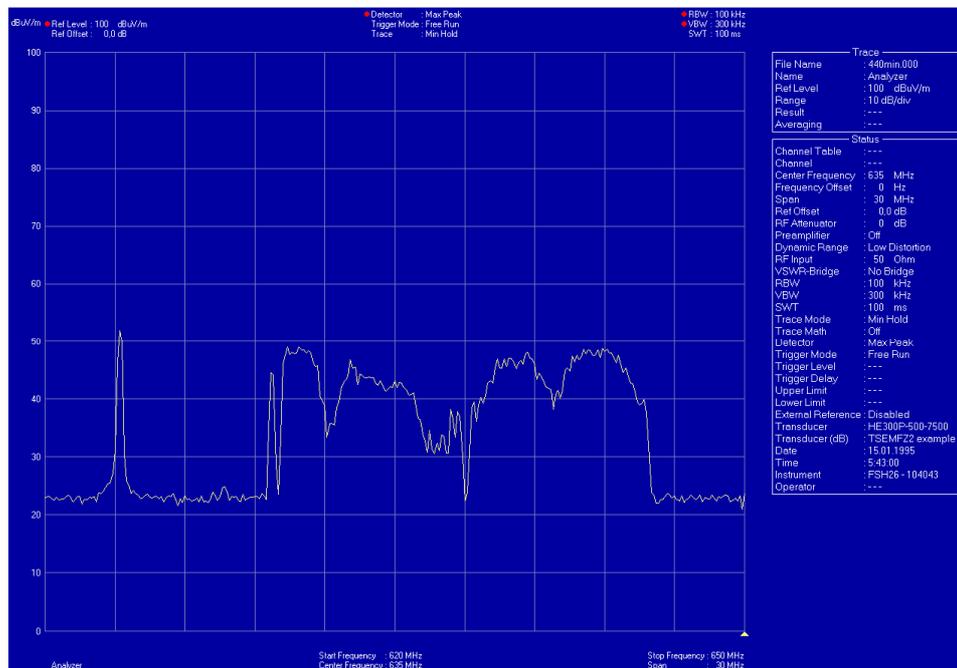


Рис.3.12.б. Спектрально-амплитудная характеристика 41-42 каналов
ЦТВ в аудитории 442С

3.4.2. Результаты исследования влияния материалов стен зданий на ослабление сигналов цифрового телевидения внутри помещений

Известно, что стены из железобетона и кирпича вносят ослабления в уровень сигнала. По данным Международного союза электросвязи (МСЭ) [19], электродинамические параметры кирпичей составляют:

- относительная диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 3,75$;
- удельная проводимость $\sigma = 0,038$ См/м.

Для определения ослабления волны при прохождении через кирпичные стены были проведены замеры в разных перекрытиях. Результаты занесены в табл.3.1.

Таблица 3.1

Результаты измерения уровня сигнала на различных перекрытиях

Здание	Тип кирпича	Ширина стены, см	Уровень сигнала, дБ		Потери, дБ
			Внутри помещения	Снаруж и помеще ния	
ЦНТМИ, Административное здание	Силикатный	40	-61	-58	3
ТУИТ, Административное здание	Силикатный	54	-72	-68	4

По результатам измерения ослабления уровней сигналов при прохождении через стены зданий можно сказать, что потери сигнала составляют 3-4 дБ. Необходимо отметить, что, уровень потерь зависит не только от вида материала стены, но и от толщины стены здания.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1. Защита от электромагнитного излучения

Электромагнитные излучения различных частот находят широкое применение в связи. Источниками электромагнитных излучений в радиотехнических установках являются генераторы к антенне, антенные устройства, ВЧ трансформаторы, фидерные линии, в установках для термообработки материалов – электромагниты, конденсаторы.

Мы живем в электромагнитном мире, насыщенным различными благами цивилизации и научно-технического прогресса. А вот эволюционно сложившихся механизмов нейтрализации электромагнитных полей, имеющих характеристики, отличных от природных, у человека нет.

Являясь открытой системой, живой организм информационно взаимодействует с внешними по отношению к биологической системе электромагнитными полями и излучением. За последние пятьдесят лет искусственные электромагнитные излучения фактически заместили неуловимые (тонкие) энергии естественного мира. 24 часа в сутки мы купаемся в полях-невидимках, излучаемых линиями электропередачи, телевизорами, компьютерами и разнообразнейшими электронными устройствами, без которых мы не представляем своего существования. Кроме того, нас бомбардируют микроволны, радио- и телевизионные передатчики, а также сигналы сотовой телефонной связи. Сегодня электромагнитное облучение в 100 миллионов раз превышает то, что испытывали наши предки. Длительное воздействие искусственных электромагнитных излучений серьезно ухудшают здоровье. Эпидемиологи установили, что раковые заболевания чаще встречаются среди людей, проживающих в непосредственной близости от источников сильных электромагнитных полей, таких, например, как высоковольтные линии электропередачи. Было

доказано также влияние электромагнитных полей на выработку шишковидной железой мелатонина - гормона, играющего не последнюю роль в иммунной системе (его также называют "гормон молодости"). Хаотичная энергия субчастиц искусственных электромагнитных полей, эта своего рода электромагнитная грязь, действует с огромной разрушительной силой на биоэлектромагнитное поле нашего тела, в пределах которого миллионы неуловимых электрических импульсов должны балансировать и регулировать деятельность каждой живой клетки [20].

Известно, что при работе электронное устройство создает очень сложную суперпозицию электромагнитных излучений, имеющую объемно-пространственную форму распространения. Поэтому для локализации такого источника требуется создание объемного контура или сети вокруг самого источника. Это достигается путем расположения на корпусе источника нескольких локальных устройств. Когда эти устройства близко в определенном порядке расположены друг к другу, они начинают взаимодействовать между собой, образуя спиралеобразную сеть, которая закрывает собой, как силовым щитом, источник негативного излучения.

Устройства нейтрализации многоуровневые, т.е. кроме нейтрализации негативной электромагнитной составляющей они значительно ослабляют и поля пси-воздействия при взаимодействии с информацией от мониторов, телевизоров и т.д.

В настоящее время это практически единственная защита, использующая метод объемной отражательной функции множества небольших эксплуатационных геометрических силовых полей, создающих устойчивый комплекс разряженного поля от негативных воздействий.

По подобному принципу разработаны защитные устройства для телевизоров, радиотелефонов, и др. электронной техники. Практическое

использование этих средств защиты позволяет создавать комфортную, гармоничную и безопасную рабочую обстановку.

Таким образом, в настоящее время современные технологии позволяют достаточно эффективно обеспечить защиту человека от электромагнитных и других более тонких физических излучений. Сегодня среди учёных практически нет дискуссии о том, влияет или нет сотовый телефон на состояние людей. Накопленные знания о влиянии электромагнитного поля (ЭМП) на организм человека позволяют однозначно говорить, что электромагнитное излучение радиотелефона, как и любого другого источника ЭМП, оказывает влияние на физиологическое состояние и здоровье человека, находящегося с ним в контакте. В связи с этим исследователи многих стран активно работают в последние годы над определением чётких критериев опасности и разработкой рекомендаций для создания нового поколения техники, работающей в так называемом режиме воздействия, чтобы снизить до минимума вредное влияние ЭМП.

Область облучения во время работы радиотелефона – прежде всего головной мозг и периферические рецепторы вестибулярного, зрительного анализаторов. При использовании сотовых телефонов с несущей частотой 450-900 МГц длина волны излучения незначительно превышает линейные размеры головы человека. В этом случае излучение поглощается неравномерно, и могут образоваться так называемые горячие точки, особенно в центре головы. Расчёты поглощённой энергии электромагнитного поля в мозге человека показывают, что при использовании радиотелефона мощностью 0,6 Вт с рабочей частотой 900 МГц “удельная” энергия поля в головном мозге составляет от 120 до 230 мкВт/см² (норматив в России для пользователей сотовых телефонов 100 мкВт/см²). Так что можно ожидать, что длительное повторное воздействие предельно допустимых доз излучения (особенно в дециметровом диапазоне волн) может привести к изменению

биоэлектрической активности различных структур мозга и расстройствам его функций (например, состояния кратковременной и долговременной памяти).

Излучение сотового телефона носит сложно модулированный характер. Одна из составляющих сигнала всех телефонов – низкочастотная (например, у системы GSM/DCS-1800 она равна 2 Гц). Но именно низкие (1-15 Гц) частоты соответствуют ритмам мозга человека, которые по интенсивности превышают другие ритмы электрической активности здорового человека. Доказано, что модулированные ЭМП могут избирательно подавлять или усиливать эти биоритмы. Сложный режим модуляции электромагнитных волн сотового телефона заставляет вспомнить об аллергиях: часть из них страдает исключительно высокой восприимчивостью к электромагнитным полям в определённых режимах модуляции уже при низкой дозе излучения (1-4 мкВт/см²). Это следует учитывать при намерении использовать сотовые телефоны. Важно и также предупреждение: особому риску подвергаются люди, разговаривающие по радиотелефону внутри автомашины. Если антенна аппарата находится внутри металлического корпуса автомобиля, то он служит резонатором и многократно усиливает дозу поглощённого излучения. Во время работы, то есть когда связь с абонентом установлена, мобильный телефон окружен довольно мощным электромагнитным полем, которое нельзя уменьшить, отойдя от аппарата подальше. Потому постарайтесь телефон, даже находящийся в спящем режиме, не носить в кармане, на поясе, на груди. Лучше, если он будет находиться в сумке. А на ночь его неплохо и вовсе выключать.

Естественно, что все эти научно обоснованные опасения не могут служить достаточным основанием для безоговорочного вывода о вредности мобильных телефонов; они должны стимулировать дальнейшие серьёзные исследования в этой области и модернизацию, усовершенствование радиотелефонных аппаратов (в частности, снижения их мощности излучения до 20 мВт по сравнению с 100-600 мВт сегодня), а также обеспечивать

пользователей подробной информацией о правильном применении этого удобного переговорного устройства.

Микроволны и радиоволны. К инфракрасному диапазону примыкает радиоизлучение, которое охватывает весь длинноволновый край электромагнитного спектра. Энергия квантов в радиодиапазоне очень мала. Ее обычно не хватает для существенных изменений в структуре атомов и молекул, но хватает, чтобы взаимодействовать с вращательными уровнями молекул, например, воды. Энергии радиоволн также достаточно для того, чтобы воздействовать на свободные электроны, например, в проводниках. Колебания электромагнитного поля радиоволны вызывают синхронные колебания электронов в антенне, то есть переменный электрический ток.

При высокой интенсивности микроволнового излучения этот ток может вызывать значительный нагрев вещества. Это свойство используется для разогрева продуктов, содержащих воду, в микроволновых печах. Микроволновое излучение также называют сверхвысокочастотным (СВЧ) излучением. Оно является самым коротковолновым под диапазоном радиоизлучения с длиной волны от 1 мм до 30 см. СВЧ-излучение проникает в толщу продуктов на глубину до нескольких сантиметров, что обеспечивает прогрев по всему объему, а не только с поверхности, как в случае обработки инфракрасным излучением на гриле. В микроволновом диапазоне также работают все системы сотовых телефонов и локальной радиосвязи, например, протоколы Bluetooth и WiFi, используемые беспроводными электронными устройствами.

Чем больше длина радиоволны, тем меньшую энергию она несет и тем труднее ее зарегистрировать. Для приема антенну, в которой под действием радиоволны возникают электрические колебания, подключают к электрическому контуру. При попадании в резонанс с его собственной частотой колебания усиливаются и их можно зарегистрировать. Чтобы поймать радиоволны, идущие из космоса, применяют зеркала-антенны

параболической формы, которые собирают радиоизлучение всей своей площадью и концентрируют его на небольшой антенне. Тем самым повышается чувствительность инструмента.

Большая часть микроволнового излучения (начиная с длины волны 3–5 мм) проходит через атмосферу. То же можно сказать про ультракороткие волны (УКВ), на которых вещают местные телевизионные и радиостанции (в т. ч. FM-станции) и ведется космическая радиосвязь. Излучение их передатчиков регистрируется только в пределах прямой видимости антенн. Окно прозрачности атмосферы в радиодиапазоне (голубые стрелки на плакате) заканчивается примерно на длине волны 10–30 метров.

Более длинные радиоволны отражаются от ионосферы Земли. Это не позволяет наблюдать космические радиоисточники на более длинных волнах, но зато обеспечивает возможность глобальной коротковолновой радиосвязи. Радиоволны в диапазоне от 10 до 100 метров могут огибать всю Землю, многократно отражаясь от ионосферы и поверхности Земли. Правда, их распространение зависит от состояния ионосферы, на которую сильно влияет солнечная активность. Поэтому коротковолновая связь не отличается высоким качеством и надежностью.

Средние и длинные волны также отражаются от ионосферы, но сильнее затухают с расстоянием. Для того чтобы сигнал можно было поймать на расстоянии более тысячи километров, требуются очень мощные передатчики. Сверхдлинные радиоволны, с длиной в сотни и тысячи километров, огибают Землю уже не благодаря ионосфере, а за счет волновых эффектов, которые также позволяют им проникать на некоторую глубину под поверхность океана. Это свойство используется для экстренной связи с боевыми подводными лодками в погруженном состоянии. Другие радиоволны не проходят через морскую воду, которая из-за растворенных в ней солей представляет из себя хороший проводник и поглощает или отражает радиоизлучение.

Никакого теоретического предела для длины радиоволн неизвестно. На практике экспериментально удалось создать и зарегистрировать радиоволну с длиной волны 38 тыс. км (частота 8 Гц).

Каждое устройство, которое производит или потребляет электричество, создает электромагнитное излучение. Одни приборы, вроде тостера или холодильника, отличаются низким уровнем излучения, другие (микроволновые печи, телевизоры и мониторы компьютеров) - очень высоким.

4.2. Методы и устройства защиты от ЭМИ

В настоящее время вопрос экологической безопасности и поиск средств защиты человека от разрушающих воздействий искусственных факторов окружающей среды является актуальным. Наиболее спорным и нерешенным остается до сих пор поиск средств защиты от искусственных электромагнитных излучений (ЭМИ).

Попытка создания универсальной эффективной защиты человека от комбинированных (как по частотным характеристикам, так и по интенсивности) опасных воздействий долгое время не имела успеха. Причина этого видится, прежде всего, в ошибочном выборе количественного метода измерения и оценки патологичности электромагнитных излучений различных приборов и устройств. Совершенно ясно, что данный путь является тупиковым, так как в этом случае пришлось бы снизить плотность электромагнитного потока от приборов до уровня сравнимого с излучением биологических объектов, а это нереально.

Как известно, к человеку и его взаимодействию с окружающей средой можно подходить с разных сторон. Так, рассматривая организм человека с

позиций биоэнергетической системы, следует, прежде всего, определить основные механизмы взаимодействий энергетической и информационной компонент в полевом статусе биосистемы. При этом следует помнить, что организм человека представляет собой саморегулирующуюся в режиме ауторегуляции систему с большим запасом прочности при действии различных возмущений разной интенсивности. Адаптационные механизмы организма, в первую очередь, обеспечиваются способностью запуска системой неспецифической реакции в ответ на любой внешний раздражитель.

К сожалению, нарастание подобных внешних несанкционированных возмущений в виде широкого спектра электромагнитных воздействий техногенного происхождения в настоящее время происходит лавинообразно в связи с широким распространением как производственных, так и бытовых генераторов электромагнитного излучения. Эти электромагнитные воздействия, наряду и во взаимодействии с геомагнитными изменениями ("магнитные бури") играют большую роль в появлении отклонений гомеостатических реакций организма человека, приводящих к обострению хронических заболеваний, ухудшению психоэмоционального статуса, снижению работоспособности и т.д.

Положение достаточно серьезное, поскольку постоянное воздействие электромагнитных факторов особенно малой мощности, может привести к срыву адаптационно-приспособительных процессов и переходу их к новому типу функционирования или к их срыву - формированию хронического стресса и болезни.

В связи с вышеизложенным, на сегодняшний день можно выделить целый ряд возможных альтернативных типов защиты биополя человека от альтерирующего воздействия ЭМИ как антропогенного, так и естественного происхождения:

- Убрать все электромагнитные поля техногенного происхождения по типу оптико-волоконной связи (или ее аналогии)
- Снизить воздействие электромагнитных полей до интенсивности ниже пороговых.
- Электромагнитные излучения техногенного происхождения вывести из полосы биологического рецептирования.
- Экранировать биологические объекты (хотя бы человека).
- Снизить уровень чувствительности человека к ЭМИ техногенного происхождения.
- Адаптировать полевые и биоэнергетические системы организма человека путем активации систем резистентности (защиты), способной парировать электромагнитные атаки или нивелировать эти возмущения модификацией собственного биополевого статуса организма.

В последнем случае (наиболее реальный) используются чаще всего различные устройства, способные некоторым образом и с определенной эффективностью модифицировать собственный "информационно-волновой" статус организма к внешним возмущениям.

В настоящее время на рынке представлены различные типы таких устройств. Все их можно классифицировать следующим образом:

- Поглощающие материалы (синтетические пленки, воск, войлок, бумага и т.п.);
- Отражающие материалы (металлическая фольга, на изолирующих подложках из синтетических материалов);
- Защитная одежда (ткани с включением в них металлических нитей);
- Проводники различных форм со свойствами антенн (браслеты, пояса, кольца, брелки и т.д.);
- Дифракционные решетки разных типов;

- Отклоняющие устройства (металлические изделия без покрытий и в изоляторах);
- Различные резонаторы (спирали, конусы, пирамиды);
- Генераторы электромагнитных импульсов.

Большая часть таких устройств это просто пассивные переизлучатели или модуляторы существующего воздействия, использующие те или иные принципы, а именно форму: различные дифракционные решетки и спирали, аппликаторы Айрес, Гамма-7Н, пирамиды, Нейтроник; наборы микроэлементов: различные "супертаблетки", Гамма-7А; кристаллы: различные кристаллические гармонизаторы, впрочем, очень похожи на супертаблетки.

Надо полагать, что они также оказывают какое-то воздействие на организм человека, правда уровень воздействия у пассивных устройств обычно на много порядков ниже воздействия активных (приборы серии "Альфа" ,"Астра").

Необходимо отметить, что духовное очищение, медитации также способствуют усилению собственного биополевого статуса организма и укреплению иммунитета, это тоже можно отнести к методам самозащиты от вредных полей и излучений[21].

4.3. Чрезвычайная ситуация

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это нарушение нормальных условий жизнедеятельности на объекте или на определенной территории, вызванная аварией, опасным природным явлением, катастрофой, стихийным бедствием, экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией, а также применением

возможных средств поражения гипотетическим противником, которое может привести к человеческим или материальным потерям, нанести ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

ЧС классифицируются по причинам возникновения, по скорости распространения, по масштабу.

По причинам возникновения чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, экологического и социального характера.

К ЧС техногенного характера относятся: аварии на АЭС с разрушением производственных сооружений и радиоактивным заражением территории (ярким примером является авария на Чернобыльской АЭС); аварии на ядерных установках инженерно-исследовательских центров с радиоактивным загрязнением территории; аварии на химически опасных объектах с выбросом (выливом, утечкой) в ОС СДЯВ, повлекшие за собой групповые поражения людей; аварии в научно-исследовательских учреждениях (на производственных предприятиях) осуществляющих разработку, изготовление, переработку, хранение и транспортировку бактериальных средств и препаратов или иных биологических веществ с выбросом в ОС; авиационные катастрофы, повлекшие за собой значительное количество человеческих жертв и требующие проведения поисково-спасательных работ; столкновение или сход с рельсов железнодорожных составов (поездов в метрополитенах), повлекшие за собой групповое поражение людей, значительное разрушение железнодорожных путей или разрушение сооружений в населенных пунктах; аварии на водных коммуникациях, вызвавшие значительное число человеческих жертвы, загрязнение ядовитыми веществами акваторий портов, прибрежных территорий, внутренних водоемов; аварии на трубопроводах, вызвавшие массовый выброс транспортируемых веществ и загрязнение ОС в непосредственной

близости от населенных пунктов; аварии на электросистемах; аварии на очистных сооружениях; гидродинамические аварии; прорыв плотин, дамб; пожары, возникающие в результате взрывов на пожароопасных объектах.

Чрезвычайные ситуации природного характера могут возникать вследствие: геофизических явлений (землетрясений и извержений вулканов); геологических явлений (например, просадка земной поверхности, сель, обвал, оползень); метеорологических, в том числе агрометеорологических, явлений (буря, ураган, смерч, ливень, сильный снегопад, засуха, лавина и др.); гидрологических явлений (например, наводнение); морских гидрологических явлений (например, цунами, шторм); природных пожаров (лесные, торфяные, степные, подземных ископаемых и т.д.); явлений космического происхождения (например, космическое излучение большой интенсивности, падение гигантского метеорита).

Чрезвычайные ситуации биологического характера проявляются в форме: эпидемий и пандемий; эпизоотий и панзоотий; эпифитотий и панфитотий.

К чрезвычайным ситуациям социального характера относятся: войны; локальные и региональные конфликты (межнациональные, межконфессиональные и др.); голод; крупные забастовки; массовые беспорядки, погромы, поджоги и др.

Каждому виду чрезвычайных событий свойственна своя скорость распространения опасности. Она является одной из составляющих интенсивности протекания события и характеризует степень внезапности действия поражающих факторов. Характер мер, принимаемых по защите от поражающего воздействия, во многом определяется для каждого данного события степенью опасности.

По скорости распространения опасности чрезвычайные события классифицируются на:

- внезапные (взрывы, транспортные аварии, землетрясения и т. п.);
- с быстро распространяющейся опасностью (аварии с выбросом газообразных СДЯВ (сильнодействующие ядовитые вещества), гидродинамическая авария с образованием волны прорыва, пожары и т. д.);
- с опасностью, распространяющейся с умеренной скоростью (аварии с выбросом РВ, авария на коммунальных системах, извержения вулканов, паводковые наводнения и т. п.);
- с медленно распространяющейся опасностью (авария на промышленных очистных сооружениях, засухи, эпидемии, экологически опасные явления).

Классификация ЧС по скорости распространения опасности в значительной степени условна, т.к. диапазон временных характеристик развития событий даже для одних и тех же видов зачастую настолько велик, перекрывает границы соседних классификационных градаций.

В основе классификации ЧС по масштабу лежат величина территории, на которой распространяется ЧС, число пострадавших и размер ущерба. По масштабу чрезвычайные ситуации могут быть классифицированы на:

- локальные – когда последствия ЧС ограничиваются пределами объекта народного хозяйства;
- местные – когда зона ЧС не выходит за пределы населенного пункта, района, области;
- региональные – ЧС распространяется на несколько областей;
- национальные (республиканские) – ЧС охватывает всю страну;
- глобальные (трансграничные) – ЧС, зона, которой выходит за пределы страны либо ЧС, произошедшие за рубежом и затронувшие страну.

ЧС любого типа в своем развитии проходят четыре типовые стадии (фазы).

Первая – стадия накопления отклонений от нормального состояния или процесса. Иными словами, это стадия зарождения ЧС, которая может длиться сутки, месяцы, иногда – годы и десятилетия.

Вторая – инициирование чрезвычайного события, лежащего в основе ЧС.

Третья – процесс чрезвычайного события, во время которого происходит высвобождение факторов риска (энергии или вещества), оказывающих неблагоприятное воздействие на население, объекты и природную среду.

Четвертая – стадия затухания (действие остаточных факторов и сложившихся чрезвычайных условий), которая хронологически охватывает период от перекрытия (ограничения) источника опасности – локализации чрезвычайной ситуации, до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий, включая всю цепочку вторичных, третичных и т.д. последствий. Эта фаза при некоторых ЧС может по времени начинаться еще до завершения третьей фазы. Продолжительность этой стадии может составлять годы, а то и десятилетия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе осуществлен анализ распределения уровней поля сигналов ЦТВ внутри помещений.

По результатам проделанных работ можно отметить следующее:

- на рис.3.7-3.12 показаны картины распределения уровней сигналов ЦТВ внутри помещений здания ТУИТ. Изолинии показывают, что на уровень сигналов внутри помещений значительно влияет архитектура помещения и его загруженность различными элементами интерьера.
- по изолиниям, приведенных на рис.3.7 можно проследить снижение уровней сигнала за кирпичными столбами, что подтверждает ослабление сигналов при прохождении через кирпичное перекрытие.
- в помещениях расположенных во внутреннем дворе ТУИТ, куда сигнал ЦТВ попадает прямым лучом уровень сигнала достаточно высок. Для того, чтобы показать отличие уровней сигнала в помещениях, куда попадает волна, отраженная от близкорасположенных объектов, приведены зависимости уровней сигнала в помещениях 440С и 442С (рис.3.11-3.12). По ним можно показать, что уровни сигналов в помещениях 441С и 442С отличаются на 30 дБ. Это означает что уровень сигнала снизилось в 32 раза.
- из анализа результатов измерения, приведенных в табл.3.1 видно, что при прохождении сигналов ЦТВ через кирпичные стены, уровень сигнала уменьшилось на 3-4 дБ (2-2,5 раза).

Сравнивая приведенные величины, можно утверждать, что в аудитории 442С уровень сигнала формируется за счет обратной волны, приходящей в помещение отразившись от крайнего здания блока “С” ТУИТ. Прямой сигнал в помещении 442С, проникающий через 3 кирпичных стены создаёт меньший уровень сигнала чем отраженная волна, проникающая через оконные проемы этой же аудитории.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.А. Каримов. 2012 год станет годом поднятия на новый уровень развития нашей родины. //Правда Востока. -№14 (27212) от 20.01.2012 г.
2. **Карякин В.Л. Цифровое телевидение. – М.: СОЛОН-Пресс, 2008.**
3. **Мамаев Н. С. Системы цифрового телевидения и радиовещания. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.**
4. **Зубарев Ю. Б., Кривошеев М. И., Красносельский И. Н. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы. – М: Научно-исследовательский институт радио, 2001.**
5. Nobles P. A study into indoor propagation factors at 17 Ghz and 60 GHz – Final Report. <http://www.radio.gov.uk/topics/ptopagation/indprop>
6. Ladrom O., Feurstein M.J., Rappaport T.S. A comparison of theoretical and empirical reflection coefficients for typical exterior wall surfaces in a mobile radio environment. IEEE Trans. Antennas and Propagat., 1996, v. 44, pp. 341-351.
7. Honcharenko W., Bertoni H.L. Transmission and reflection characteristics at concrete block walls in the UHF bands proposed for future PCS. IEEE Trans. Antennas and Propagat., 1994, v. 42, pp. 232-239.
8. Guinas I., Sanchez M.G. Building material characterization from complex transmissivity measurements at 5.8 GHz. IEEE Trans. Antennas and Propagat., 2000, v. 48, pp. 1269-1271.
9. Torrico S.A., Bertoni H.L., Lang R.H. Modeling tree effects on path loss in a residential environment. IEEE Trans. Antennas and Propagat., 1998, v. 46, no. 6, pp. 872-880.
10. Mc.Kown J.W., Hamilton R.L. Ray tracing as a design tool for radio networks. IEEE Network Magazine, 1991, v.5, no. 6, pp. 27-30.
11. Seidel S.Y., Rappaport T.S. Site-specific propagation prediction for wireless in-building personal communication system design. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1994, v. 43, no. 4, pp.879-891.

12. Suzuki H., Mohan A.S. Ray tube tracing method for predicting indoor channel characteristics map. Electronics Letters, 1997, v. 33, no. 17, pp. 1495-1496.
13. Kalivas G.A., El-Tanany M., Mahmoud S. Millimeter-wave Channel Measurements with Space Diversity for Indoor Wireless Communications, IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1995, vol. 44, no. 3, pp. 494-505.
14. Милютин Е. Р., Василенко Г. О., Сиверс М. А. и др. Методы расчета поля в системах связи дециметрового диапазона // СПб. - Триада. - 2003.
15. В.Н. Троицкий, А.А. Шур. Особенности распространения радиоволн УВЧ и СВЧ диапазонов внутри зданий // Электросвязь, 1998.-№8.-С.26-29.
16. Абарыков В.Н., Батороев А.С., Чимитциденов Э.Р. К вопросу моделирования распространения УКВ внутри строительных объектов //Труды XX Всемирной конференции по распространению радиоволн. Н.Новгород 2-4 июля 2002 г. -Н.Новгород: ТАЛАМ, 2002. -С.215-216.
17. Авдеев В.Б., Авдеева Д.В., Катруша А.Н., Макаров Г.В. Экспериментальные исследования особенностей распространения ОВЧ-СВЧ радиоволн внутри здания //Известия вузов. Серия Радиоэлектроника. - 2004. - №3. -С.70-76.
18. Антенны фирмы Kathrein. Каталог, 2005.
- 19.Рекомендация МСЭ-R P-1238-6. Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования систем радиосвязи внутри помещений и локальных зонных радиосетей в частотном диапазоне 900 МГц-100 ГГц. 10.2009.
20. Русак О.Н., Малаев К.Р., Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности. Учебн. пос. – СПб: Изд. Лань – 2001.
21. Куликов Г.Б. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для инженерных направлений и спец. высш. учебн. заведений. –М.: Мир книг, 2010 г.