

УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

На правах рукописи

Джумаев Руслан Шухратович

Моделирование и оптимизация антенн цифрового телевидения

Специальность: 5A522104 (Цифровое Телевидение и Радиовещание)

Диссертация

На соискание академической степени магистра

Работа рассмотрена
и допускается к защите
Зав. кафедрой ТВ и РВ
доц. Рахимов Т.Г.

«_____» _____ 2011 г.

Научный руководитель
доц. Губенко В.А.
Научный консультант

Ташкент - 2011

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматриваются особенности работы системы цифрового эфирного телевидения стандарта DVB-T. В диссертации приводятся результаты исследований распределения сигналов, излучаемых Ташкентским передающим телевизионным центром. На основе их предлагаются методы оптимизации приемного оборудования и режимов его работы. В диссертации проводится моделирование приемных антенн, формулируются предложения по улучшению их параметров.

АННОТАЦИЯ

Ушбу битирув малакавий иши стандарт DVB-T рақамли телеэшиттириш тизимининг авзалликларига бағишланган. Диссертация ишида Тошкент телемарказидаги узатилаётган сигналларни тадқиқ этиш натижалари келтирилган. Унинг асосида қабул қилувчи қурилманинг оптимизация усуллари ва ишлаш режими таклиф этилади. Диссертация ишида узатувчи антеннанинг моделлаш келтирилган бўлиб, уларнинг параметрларини яхшилаш учун таклифлар шакллантирилади.

ABSTRACT

In the given work features of work of system of digital radio television of standard DVB-T are considered. In the dissertation results of researches of distribution of the signals radiated by the Tashkent transferring television center are resulted. On the basis of them methods of optimization of the reception equipment and modes of its work are offered. Modeling of reception aeriels is spent to dissertations, offers on improvement of their parameters are formulated.

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СИСТЕМЫ И СТАНДАРТЫ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ	7
1.1 Особенности цифрового телевидения. Требования к передающему и приемному оборудованию.....	7
1.2 Обзор систем и стандартов цифрового телевидения.....	12
2. ПЕРЕДАЮЩИЕ И ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ	34
2.1. Обзор передающих антенн цифрового телевидения.....	34
2.2. Обзор приемных антенн цифрового телевидения.....	44
3. ОСОБЕННОСТИ ПРИЕМА СИГНАЛОВ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИЕМНЫХ АНТЕНН	52
3.1. Особенности распространения цифровых сигналов в условиях плотной городской застройки.....	52
3.2. Постановка задачи улучшения приема сигналов цифрового телевидения в г.Ташкенте.....	56
3.3. Экспериментальные исследования уровней сигналов в г. Ташкенте.....	59
3.4. Моделирование приемных антенн цифрового телевидения.....	67
3.5. Выводы по результатам проведенных исследований и моделирования...	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	86
ЛИТЕРАТУРА	88
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	90

ВВЕДЕНИЕ

В Узбекистане процесс перехода на цифровое телевидение начался в 2008 году и его планируется завершить к 2015 году [1,2,3]. К этому времени цифровой станет вся общенациональная система эфирного телевидения и данный переход является общемировой тенденцией развития телевидения.

Цифровые алгоритмы обработки сигналов позволяют решать прикладные задачи, расширять спектр предоставляемых сервисов и услуг, улучшать качество телевизионного изображения и звука.

В настоящее время уже идет предоставление услуг цифрового телевидения населению Ташкента, Бухары и Самарканда [4]. Абонентам предлагается приобретение цифровых тюнеров и приемных антенн, благодаря чему они имеют возможность принимать более десятка телевизионных программ в цифровом формате даже на аналоговые телевизоры. В дальнейшем количество каналов будет увеличиваться и, как планируется, может достигнуть пятидесяти. Это потребует определенного подхода к выбору передающего и приемного оборудования и, особенно, к приемным антеннам, которые располагаются на стороне абонентов.

Главной задачей системы эфирного цифрового телевидения на первом этапе его внедрения является обеспечение равномерного покрытия сигналами всей территории обслуживания, в пределах которой гарантируется прием телевизионных программ.

Второй этап подразумевает увеличение числа транслируемых каналов, что потребует расширение полосы рабочих частот, как передающего оборудования, так и приемного (прежде всего приемных антенн).

Третий этап включает в себе решение задач придания телевидению интерактивности, т.е. создание возможности абоненту использовать различные интерактивные сервисы, как, например, заказ просмотра той или иной передачи в удобное для него время путем отправки запроса на передающий центр по обратному беспроводному каналу.

Таким образом, предстоит большая работа по организации цифрового телевизионного вещания в нашей республике. Ее начало было положено в период с 2000 по 2007 годы, когда в отрасли телерадиовещания Республики Узбекистан была произведена серьезная модернизация телерадиовещательных передатчиков, обеспечивающих трансляцию в основном государственных телерадиопрограмм.

С 2010 года началось вещание телевизионных программ в цифровом формате в Ташкенте и Бухаре. Вещание до последнего времени велось в тестовом режиме, когда пользователи, имеющие специальный тюнер и приемную антенну, могли смотреть все телевизионные программы, транслируемые ташкентским телепередающим центром.

С апреля 2011 года коммерческие каналы, входящие в вещательные пакеты, были закодированы, а в открытом доступе остались государственные телевизионные каналы. Число желающих смотреть закодированные каналы постоянно растет, что говорит о больших перспективах коммерческого телевидения в нашей стране.

Однако с таким процессом связаны некоторые проблемы, главной из которых является предоставление абонентам гарантии качественного приема программ. На самом деле, это серьезная проблема, которую необходимо решать комплексно, во-первых, оптимизируя условия передачи телевизионных сигналов, во-вторых, используя хорошее (с точки зрения технических характеристик) приемное оборудование.

Исходя из сказанного выше, следует, что переход с аналогового телевидения на цифровые стандарты вызывает необходимость проведения глубоких исследований условий приема телевизионных цифровых сигналов, оптимизации параметров приемного оборудования и приемных антенн в частности.

От этих антенн в значительной мере зависит эффективность работы системы и, в конце концов, качество предоставляемых услуг населению.

Цели и задачи диссертационной работы

Целью диссертационной работы является исследование зон покрытия сигналами, излучаемыми антенным комплексом Ташкентского телевизионного центра, проведение измерений с несколькими типами приемных антенн на различных расстояниях от передающего телецентра, моделирование приемных антенн, формулирование выводов по оптимизации их направленных свойств для улучшения качества приема телевизионных программ цифрового телевидения в Ташкенте.

Достижение данной цели предполагает решение следующих задач:

- исследование особенностей распределения поля, излучаемого антенным комплексом Ташкентского телевизионного центра;
- исследование нескольких типов приемных антенн на предмет возможности и эффективности их использования в составе абонентского оборудования;
- компьютерное моделирование направленных свойств исследуемых антенн;
- анализ полученных результатов и формулирование выводов по оптимизации направленных свойств приемных антенн цифрового телевидения.

Новизна работы

Заключается в исследовании особенностей распределения сигналов, излучаемых антенным комплексом Ташкентского телевизионного центра, на различных расстояниях от него, с учетом направления и плотности застройки в местах проводимых исследований. Проводились исследования с несколькими типами антенн, на компьютере моделировались их направленные и электрические характеристики, по результатам экспериментов и моделирования делались выводы об эффективности применения того или иного типа антенн в различных зонах покрытия.

Практическая значимость работы

Заключается в возможном использовании полученных результатов в действующих и разрабатываемых системах цифрового телевидения.

Структура работы

Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения.

1. СИСТЕМЫ И СТАНДАРТЫ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

1.1. Особенности цифрового телевидения. Требования к передающему и приемному оборудованию

Переход на цифровые технологии начался уже довольно давно, но в настоящее время он набрал наибольшие темпы. Это связано со многими факторами.

Прежде всего, возросли требования к качеству изображения и звука, так как компании-производители стали выпускать телевизионные приемники с большими диагоналями экранов и с высокими техническими характеристиками. Естественно, это привело к необходимости формирования высококачественного контента, который можно было бы смотреть на таких телевизорах. Следовательно, многократно возросли требования к телестудиям и передающему оборудованию, которое, по сути, и определяет окончательное качество картинки и звука на стороне телезрителя.

Несомненно, в этом списке нельзя не уделить внимание и приемному оборудованию, устанавливаемому на стороне потребителя, – цифровому тюнеру и приемной антенне. От их характеристик качество приема также зависит в сильной степени, особенно в сложных условиях приема-передачи, например, в крупных городах-мегаполисах.

Таким образом, в недалеком прошлом при освоении производства телевизоров с большими диагоналями и повышенной яркостью изображения выявились недостатки аналогового телевидения, связанные с технологическими ограничениями. На большом экране стали отчетливо заметны структура раstra, межстрочные и межкадровые мелькания, недостатки при передаче быстро движущихся объектов.

В 80-х годах XX века в качестве альтернативы существующим аналоговым стандартам передачи телевизионного сигнала PAL, SECAM и NTSC было впервые продемонстрировано цифровое телевидение, которое, как стало известно чуть позже, имеет неоспоримые преимущества перед ними [5]. Этими преимуществами являются: улучшенное качество картинки и

звука, передача гораздо большего количества каналов, предоставление ряда других возможностей, таких как платная передача телевизионной и другой информации по требованию, интерактивное телевидение, возможность получения на экране телевизоров нового поколения трехмерного изображения.

В США новый стандарт цифрового вещания ATSC (Advanced Television Systems Committee) был принят в 1981 году прошлого века, он включает в себя 18 форматов телевидения, 6 из которых относятся к HDTV (телевидение высокой четкости).

В Европе был разработан свой стандарт - DVB (Digital Video Broadcasting), он, в свою очередь, разделяется еще на 4 подформата: DVB-T (Terrestrial), DVB-S (Satellite), DVB-C (Cable) и DVB-H (Handheld).

Это деление основано на типах передающих и принимающих устройств. DVB-T предназначен для эфирного приема через наземную антенну, DVB-S - для спутниковых каналов, DVB-C - для кабельного телевидения и последний DVB-H рассчитан на портативные приемники, такие как КПК, мобильные телефоны.

Япония создала свой стандарт – ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting), который, в отличие от вышеупомянутых, охватывает сразу теле- и радиовещание, а также передачу данных.

Переход с аналогового телевизионного вещания на цифровое для передающей части не представляет особых технических сложностей. С приемной стороной сложнее, так как телевидение является самым востребованным средством массовой информации и его переход на цифровой формат затронет буквально каждого жителя нашей страны. Поэтому в Узбекистане была разработана стратегия организации приемной сети цифрового вещания, которая осуществляется поэтапно, а в качестве стандарта цифрового телевидения принят стандарт DVB-T.

Существует огромное множество различных типов передающего оборудования, которое выпускается известными зарубежными фирмами.

Конкретный же выбор оборудования зависит как от финансовых возможностей государства, так и от требований, предъявляемых к системам цифрового телевидения.

Так в Узбекистане используется новейшее цифровое телевещательное оборудование известной японской компании «NEC» и немецкой компании «Роде Шварц». Передатчик «NEC» мощностью 2 кВт размещен в техническом помещении на высотной отметке 220 метров Ташкентской телебашни.

Несколько выше установлены передающие панельные антенны «Роде Шварц» – шесть панелей с горизонтальной поляризацией излучаемой волны ориентированы на юг, четыре панели с вертикальной поляризацией ориентированы на север. Они формируют вокруг телебашни электромагнитное поле, которое обеспечивает население Ташкента и Ташкентской области сигналами цифрового телевидения. Заявленная дальность гарантированного приема сигналов равна порядка 50 километров от телебашни.

Требования к передатчикам для цифрового эфирного вещания определяются исключительно свойствами используемых сигналов [6]. Эти сигналы характеризуются практически полным отсутствием детерминированных компонентов в спектре выходного колебания, сравнительно большим значением пиковых значений амплитуд и высокими требованиями к уровню внеполосных составляющих спектра.

Исходя из этого, передатчики для цифрового эфирного вещания делятся на классы в зависимости от мощности и диапазона рабочих частот.

Двумя основными параметрами радиопередатчиков для цифрового эфирного телевидения являются:

- величина эквивалентных энергетических потерь в тракте радиопередатчика (в качестве характеристики внутриволосных искажений);

- относительный уровень спектральной плотности мощности внеполосных составляющих спектра выходного колебания (в качестве характеристики внеполосных помех).

В соответствии с принятой в настоящее время практикой построения структурных схем передатчиков для телевизионного вещания сначала производится формирование сигнала на относительно низкой (промежуточной) частоте, затем этот сигнал с помощью преобразования и фильтрации переносится на рабочую частоту. При наличии дополнительных преобразований, осуществляемых предкорректором, ширина спектра усиливаемого колебания может существенно превосходить номинальное значение полосы частот.

Анализ помех и искажений, типичных для линейного тракта, показывает, что цифровые сигналы менее чувствительны к интермодуляционным искажениям, чем аналоговые. Это связано со значительно меньшим требуемым значением защитного отношения «цифровой сигнал/цифровая помеха» в совпадающем и соседних каналах и более гладкому спектру. В то же время цифровые сигналы более чувствительны к амплитудным и, особенно, фазовым искажениям в тракте.

Для приема цифровых сигналов необходимы абонентские терминалы (приемники-декодеры, подключаемые к аналоговому телевизору), либо телевизоры, поддерживающие цифровые стандарты. Выбор терминалов, необходимых при переходе на цифровое вещание, также связан с выбором стандарта сжатия [7,8]. 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.

В стандарте DVB-T цифровой тюнер состоит из следующих основных элементов: моноплаты приема и обработки цифровых сигналов; сетевой платы импульсного блока питания; корпуса; инфракрасного пульта дистанционного управления.

Основные функции тюнера:

- 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 Dolby Digital 5.1.

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 различных 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 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 антенн, 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.

1.2. Обзор систем и стандартов цифрового телевидения

Передача телевизионной информации от источника (телевизионных компаний и студий) до потребителя (телезрителя) в настоящее время производится несколькими методами. Если на заре становления телевидения существовал только один метод, – посредством радиоэфира через наземные телепередающие центры, – то сейчас имеется большой выбор приема многочисленных государственных и коммерческих каналов для рядовых

телезрителей. Далее рассмотрены существующие в настоящее время системы телевидения.

Эфирное телевидение

На сегодняшний день эфирное или наземное телевидение остается самым распространенным средством доставки зрителям вещательных программ. Сигналы изображения и звука излучаются передающими антеннами телецентров в виде радиоволн определенных частот, которые специально выделены для телевидения. Сигналы принимаются антеннами, подключенными ко входу приемной части телевизоров. Такой вид передачи телевизионных сигналов называется наземным или эфирным телевидением.

Частоты сигналов несущих имеют строго оговоренные стандартом значения. Пара сигналов несущих изображения и звука, служащих для передачи одной телепрограммы называется радиоканалом эфирного телевидения или, говоря проще, телевизионным каналом. Сигналы эфирного телевидения передаются при помощи ультракоротких радиоволн, сокращенно УКВ, в полосе частот от 48 до 862 МГц

Системы многопрограммного цифрового телевизионного вещания встраиваются в существующие частотные планы распределения телевизионных каналов, предусматривающие полосу пропускания 8 МГц для наземного эфирного телевидения.

Стандарт DVB-T для цифрового эфирного телевидения в диапазоне дециметровых волн для Европы и других стран был принят в 1996 г. – на два года позже аналогичных стандартов для спутниковых (DVB-S) и кабельных (DVB-C) каналов связи. Эта задержка была вызвана необходимостью применения более сложных технических методов передачи цифровой информации при сохранении приемлемой стоимости цифрового эфирного телевизора, а также из-за не очень высокой коммерческой конъюнктуры ввиду отсутствия свободных ТВ каналов в диапазоне дециметровых волн для большинства стран Европы.

Снизить стоимость цифрового телевизора возможно за счет применения в стандарте DVB-T апробированных технических решений и технологий, разработанных для систем цифрового спутникового и кабельного вещания. Это требует унификации ряда методов обработки цифровых сигналов в указанных системах. Данная задача была решена путем разработки коммерческих требований к цифровой системе эфирного вещания, на основании которых были выбраны необходимые технические решения. Данный стандарт предусматривает возможность использования полосы пропускания 8, 7 и 6 МГц.

В этом стандарте предложен новый метод модуляции COFDM (Code Orthogonal Frequency Division Multiplexing), который можно перевести на русский язык как метод многоканальной комбинированной амплитудно-фазовой модуляции на многих ортогональных несущих с применением помехоустойчивого кодирования.

Применение метода модуляции COFDM позволяет реализовать качественный приём телевизионных программ при движении транспортных средств со скоростью до 300 км/ч, что в аналоговых системах неосуществимо. Кроме того, создаются предпосылки для организации одночастотных сетей, тем самым появляются возможности увеличения числа источников сигналов с совмещёнными по частоте каналами и расширяется зона охвата вещанием.

Следует отметить, что в одночастотных сетях требуется вводить синхронизацию по частоте и по времени для того, чтобы информационные пакеты разных передатчиков совмещались на временной шкале.

Техническая реализация вышеописанного метода модуляции выражается в том, что в стандарте DVB-T предусмотрены две модификации, обозначаемые как 2К и 8К.

В модификации 2К используются 1705 несущих, а в 8К – 6817 несущих. При этом мультиплексированный суммарный поток видео-, аудиосигналов и данных делится на 1705 или 6817 параллельных потоков, в каждом из

которых длительность символа увеличивается либо в 1705, либо 6817 раз. Это позволяет часть длительности символа сообщения выделить на защитный интервал от эхосигналов.

Двум модификациям 8К и «к» соответствуют разные величины частотных разносов несущих в радиочастотном спектре COFDM соответственно 1116 Гц и 4464 Гц. Рабочая ширина полосы спектра радиоканала в обоих случаях будет одинаковой и равной 7,61 МГц. В полосе, отведённой для аналогового телевизионного радиоканала 8 МГц, разнос между соседними каналами системы цифрового телевидения составляет 0,39 МГц.

Таким образом, общая ширина спектра радиоканала цифрового телевидения в наземных системах телевидения полностью соответствует ширине полосы аналогового телевидения в стандарте с разложением в 625 строк (SECAM, PAL).

DVB-T характеризуется высоким разрешением в 625 строк, использует чересстрочную развертку, при этом частота полукадров составляет 50 Гц. DVB-T в состоянии обеспечить удвоенное (по сравнению с базовым) разрешение по горизонтали и вертикали, а также может передавать изображение с соотношением сторон 16:9. DVB-T поддерживает звук в формате Dolby AC-3, используя для передачи аудиосигнала стандарт MUSICAM.

Принцип данного способа заключается в том, что абонент принимает цифровой телевизионный сигнал на обычную телевизионную антенну, подключенную к телевизору, который в свою очередь должен иметь специальный встроенный декодер для открытия каналов в цифровом виде. В случае отсутствия декодера приобретается внешнее клиентское устройство. Плюсом стандарта DVB-T по сравнению с аналоговым предшественником является устойчивый приём сигнала и его невосприимчивость к переотраженным сигналам.

Системы MMDS

Системы MMDS (Microwave Multipoint Distribution Service - Микроволновые многоточечные распределительные системы) получили в последние годы широкое распространение как альтернатива классическим кабельным сетям, в которых распределительная сеть строится за счет прокладки коаксиальных или оптических кабелей. Для этих систем в зависимости от конкретной страны используются частоты в полосе 2100...2900 МГц. Для России и стран СНГ выделена полоса 2500...2700 МГц.

Системы MMDS имеют ряд преимуществ по сравнению с обычными системами наземного телевидения. Они имеют возможность передачи до 31 телевизионной программы в зависимости от стандарта при аналоговом сигнале и в 4-6 раз больше при модуляции цифровыми сигналами стандарта MPEG-2.

Телевидение ведется на экологически безопасном уровне, когда суммарная мощность передатчика не превышает 1000 Вт (в основном 1...10 Вт). В применяемых сейчас системах ТВ-вещания используются передатчики мощностью в метровом диапазоне до 50 кВт, в дециметровом - до 10 кВт, при этом уровень электромагнитного поля вблизи телецентров значительно превышает допустимые нормы.

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. Если в разветвленной кабельной сети требуется перекрыть отдельные участки длиной 5...20 км, то вариант с ретранслятором соответствующей мощности может оказаться предпочтительнее прокладки кабеля.

Комплект оборудования системы MMDS включает следующие компоненты: модуляторы; входную приёмную систему; цифро-аналоговые передатчики (или один групповой на N каналов); цифро-аналоговый сумматор каналов; систему сетевого управления; автоматическую или

ручную систему резервирования; широкополосные ретрансляторы (при необходимости); антенны; волновод и коаксиальный кабель.

Схема организации вещания приведена на рис.1.1. Передатчик головной станции с помощью антенны создаёт либо круговое равномерное облучение, либо в заданном секторе в зависимости от конфигурации зоны охвата. При необходимости увеличения зоны или MMDS преодоления препятствий устанавливаются ретрансляторы, работающие в автоматическом режиме.

Для защиты от несанкционированного приёма, а также при коммерческом использовании система может быть доукомплектована шифратором и компьютером с необходимым программным обеспечением для контроля за сбором абонентской платы с пользователей. При несвоевременной оплате абонент автоматически отключается от программы. Пакет передаваемых программ может быть разделён на несколько групп, закодированных по-разному, что позволяет выбирать интересующие абонента передачи.

Системы кабельного телевидения

Внедрение цифрового телевидения в системы кабельного телевидения (СКТ) ставит вопрос об их пригодности для этой цели и об оценке необходимых усовершенствований и доработок.

В силу того, что в правильно спроектированной СКТ довольно высокое отношение сигнал/шум (не менее 43 дБ), в то же время значительно уже полоса канала в сравнении со спутниковой системой, в связи с чем наиболее оптимальным является использование многопозиционной модуляции QAM (Quadrature Amplitude Modulation – квадратурная амплитудная модуляция).

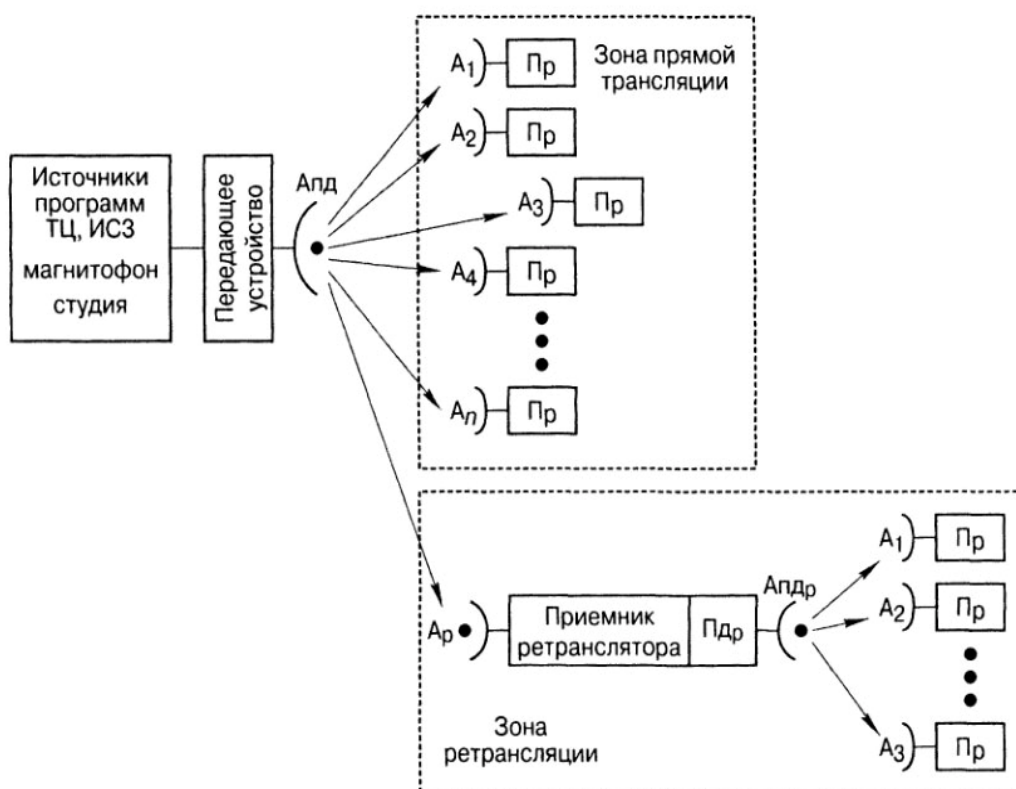


Рис.1.1 Схема организации вещания в системе MMDS

Анализ помех и искажений, типичных для линейного тракта, позволяет предположить, что цифровые сигналы окажутся менее чувствительными к интермодуляционным искажениям, чем аналоговые, благодаря значительно меньшему требуемому защитному отношению цифровой сигнал/цифровая помеха в совпадающем и в соседних каналах и более гладкому спектру.

В то же время цифровые QAM сигналы более чувствительны к амплитудным и особенно фазовым искажениям в тракте, поэтому вопросы согласования, коррекции характеристик остаются достаточно острыми.

Благодаря эффективному сжатию, в одном частотном канале удастся передать до 4-6 ТВ программ, и после перевода на цифровой формат даже очень загруженная сеть с 25-35 транслируемыми программами переходит в категорию сетей с 5-7 реально занятыми физическими каналами, в которых проблемы взаимных помех не столь актуальны.

В построении головных станций (ГС) переход на цифровой формат предъявляет новые требования к аппаратуре обработки и формирования сигналов. Появляется возможность формировать многопрограммные цифровые потоки, не декодируя принятые MPEG-2 сигналы, а выделяя на них нужные компоненты на уровне транспортного потока и ремультимплексируя эти компоненты в новый транспортный поток. Также на уровне транспортного потока при этом могут решаться вопросы скремблирования, смены системы условного доступа.

Принятый в стандартах DVB единый подход к каналному кодированию существенно облегчает обработку и преобразование сигналов DVB, т.к. число дополнительных операций при преобразованиях оказывается минимальным. В этом смысле стандарт DVB-C достаточно близок к спутниковому стандарту DVB-S.

Структура системы DVB-C максимально гармонизирована со структурой спутниковой системы DVB-S, но в качестве типа модуляции в ней используется не QPSK, а M-QAM с числом позиций M от 16 до 256 (т.е. от 16 QAM до 256 QAM). На рис.1.2 показана структура как оборудования ГС кабельной линии, так и абонентского приемника-декодера для такой линии.

При внедрении стандарта DVB-C реализуются следующие преимущества:

- *существенная экономия частотного ресурса.* Действительно, если в одном физическом канале размещаются 4-8 ТВ программ, то это означает, что для передачи 60-ти программ потребуется всего около 10-ти каналов. Такой частотный выигрыш особенно ощутим при внедрении стандарта DVB-C на устаревших сетях с пропускной способностью до 240...300 МГц. В таких сетях легко размещаются свыше 100 цифровых каналов, а при активизации реверсного канала – и услуги интерактивного сервиса.

- *существенно повышается качество транслируемых программ.* Действительно, трансляция аналоговых сигналов неизбежно влечет за собой снижение их качества в части неизбежного накопления искажений (шумы,

интермодуляционные искажения, фоновая помеха, наводимые сигналы, кросс-модуляция и т.д.). Цифровые же сигналы (DVB-C) сохраняют свое качество вне зависимости от протяженности магистрали. Для них достаточно превышения требуемого уровня сигнала (что всегда выполняется на практике в силу более высокой чувствительности STB в сравнении с телевизором) и порогового значения C/N , которое много ниже регламентируемых 43 дБ.

- при использовании стандарта DVB-C появляется возможность значительно увеличить зону обслуживания СКТ за счет более низкого шумового порога (не более 36 дБ). Расчеты показывают, что при использовании стандарта DVB-C возможно увеличение зоны обслуживания в 10 и более раз. Причем, такое увеличение зоны охвата наиболее эффективно именно на устаревших сетях с верхней частотой 240...300 МГц. На таких частотах погонные потери коаксиального кабеля почти в 2 раза меньше, чем на частоте 862 МГц, с которой проектируются современные СКТ. При меньших погонных потерях требуется меньшее число усилителей, что и гарантирует поддержание высокого значения сигнал/шум.

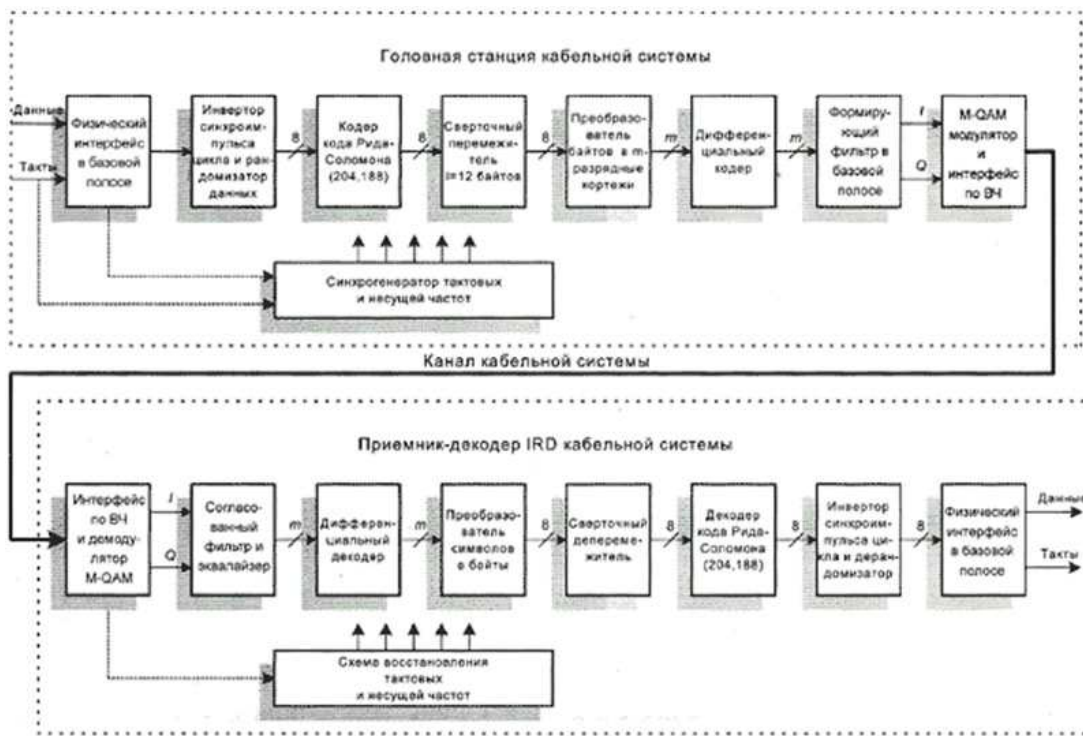


Рис.1.2 Схема организации системы кабельного телевидения

Более того, снижение числа физических каналов снижает энергетическую нагрузку самой СКТ, что эквивалентно значительному улучшению сигнал/шум, СТВ и CSO.

- *появляется возможность эффективного кодирования* пакетов программ сформированным по тем или иным экономическим соображениям, что позволяет операторам СКТ получать дополнительные прибыли за счет формирования платных каналов. При использовании DVB-C так же облегчается и возможность использования фильтров пакетирования за счет снижения физических каналов и появления частотных пробелов, которые и необходимы при использовании фильтров пакетирования.

Системы спутникового телевидения

Цифровое спутниковое телевидение - это система передачи телевизионного сигнала от телецентра на телевизоры через спутник, находящийся на геостационарной околоземной орбите над экватором.

Преимущества спутникового телевидения очевидны: это и высочайшее качество изображения, стереозвук, огромное количество каналов, прекрасный способ изучения иностранных языков и повышения эрудиции и т.д. Кроме того, абонент спутникового телевидения не зависит от инфраструктуры: спутниковую антенну можно установить и на даче, и в загородном коттедже.

Спутниковое телевидение (СТВ) было и остается самым быстрым, надежным и экономичным способом подачи ТВ сигнала высокого качества в любую точку обширного пространства. На рис.1.3 показана схема организации спутникового телевидения.

Все вещательные искусственные спутники Земли (ИСЗ) размещаются на так называемой геостационарной орбите (ГО) – круговой орбите высотой ~36000 км в плоскости экватора. Находясь на ГО, спутник неподвижен

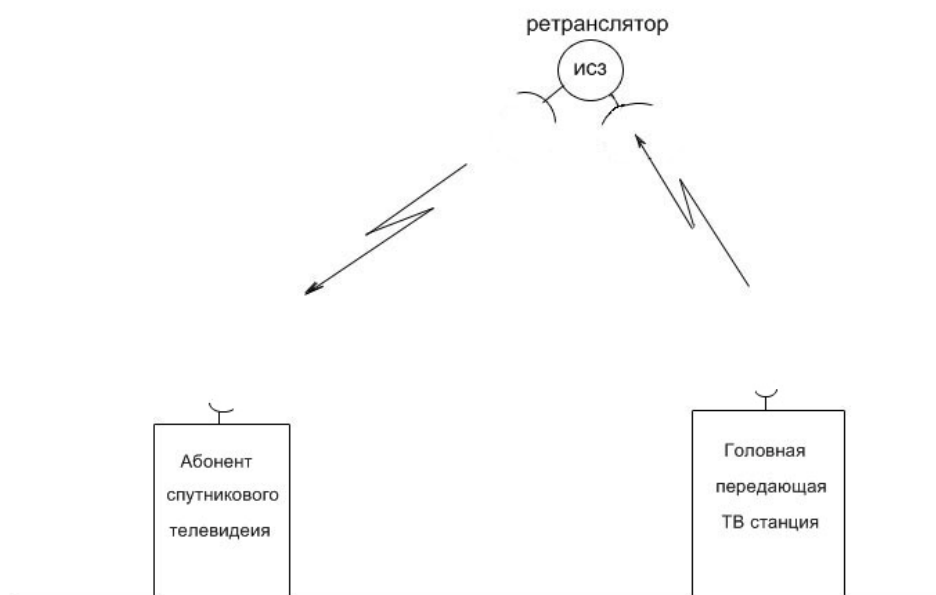


Рис.1.3 Схема организации спутникового ТВ вещания

относительно поверхности Земли, т.к. вращается с той же угловой скоростью, что и Земля. Зона видимости геостационарной ИСЗ – около одной трети земной поверхности.

Для СТВ выделены специальные участки радиочастотного спектра в сантиметровом диапазоне волн, где допускается повышенная плотность потока мощности с ИСЗ. Наиболее освоен участок КУ-диапазона с частотами 11,7...12,5 ГГц.

Одной из особенностей применения ИСЗ является ограниченность энергетического потенциала спутникового ретранслятора, в силу чего в СТВ традиционно используют методы обработки, требующие минимального отношения несущая/шум на входе демодулятора в обмен, например, на полосу частот сигнала.

В аналоговом вещании это был выбор частотной модуляции (вместо амплитудной), а в цифровом вещании приходится применять мощное каскадное помехоустойчивое кодирование и модуляцию с невысокими кратностями (например, QPSK вместо более высокоскоростной 16 QAM). Дополнительной особенностью цифрового SAT вещания является тот факт, что многопрограммное вещание осуществляется за счет мультиплексирования в цифровом потоке, а работа передатчика ИСЗ осуществляется только на одной несущей в нелинейном режиме, что позволяет повысить его выходную мощность на 2,5...4 дБ. Такое повышение энергетики эквивалентно уменьшению диаметра рефлектора приемной антенны в 2 раза в сравнении с приемом сигналов аналогового вещания.

Существует два основных способа цифровой передачи СТВ сигналов:

- передача N сжатых цифровых сигналов на N несущих;
- мультиплексирование N сжатых цифровых сигналов и их передача на одной несущей.

Число программ телевещания, которое можно передавать с помощью одного спутникового транспондера, зависит от требуемой скорости передачи информации, компонентного или композитного формата кодирования для

источника сигнала, качества и разрешающей способности исходного изображения, критичности алгоритма сжатия к некоторым видам изображений и требуемого качества восстановленного изображения.

Достижения в области сжатия данных позволяет организовать большое количество цифровых высококачественных ТВ каналов с относительно низкими скоростями (менее 1 Мбит/с, что эквивалентно 20-25 ТВ каналов в стандартной полосе СТВ канала величиной 27 МГц). Во многих случаях допустима и скорость в 400 кбит/с, что эквивалентно не менее 60 ТВ каналов с одного транспондера.

Для СТВ систем характерны ограниченная мощность передаваемого сигнала и, следовательно, повышенная чувствительность к воздействию шумов и интерференционных помех.

Системы Интернет-телевидения

Под Интернет-телевещанием понимаются такие системы, в которых сигнал, несущий аудиовизуальную информацию, распространяется по сетям протокола TCP/IP. В свою очередь, среди подобных систем можно также выделить два основных подвида: IPTV и, собственно, Интернет ТВ.

IPTV предполагает распространение телевизионного сигнала внутри сети одного оператора связи, в связи с чем облегчаются настройки сети и достигается более высокая скорость передачи телевизионного изображения и, следовательно, его качество, а также упрощаются задачи биллинга. Отличительной чертой IPTV является просмотр телевизионных программ на экране обычного телевизионного приемника, для чего на месте приема должно быть установлено специальное устройство – TV Box, декодирующее приемный сетевой сигнал. В настоящее время все построенные и стоящиеся цифровые кабельные сети используют данный стандарт.

Интернет телевидение предполагает распространение сигнала без ограничений в глобальной сети, при этом достаточно трудно внести какие либо общие настройки и значительно улучшить передачу телевизионного

изображения. Кроме того, видео трафик достаточно сильно загружает существующие магистральные сети и, с ростом качества передаваемого видео, такие нагрузки могут стать критическими. Как правило, прием видео сюжетов Интернет ТВ осуществляется на компьютерные мониторы.

На рис.1.4 приведена общая для всех систем Интернет-телевещания структурная схема. Идущий из студии или предварительно записанный телевизионный сигнал сначала поступает на соответствующий интерфейс сервера кодирования видео и аудио. Специальная программа кодировщик (кодек) преобразует аналоговую информацию в цифровую, при этом сжимая ее в соответствии со стандартами MPEG2 или MPEG4.

Однако закодированная информация не приспособлена для передачи по пакетным сетям, ярким представителем которых является сеть протокола TCP/IP. Поэтому полученные в результате кодирования данные должны быть разбиты на отдельные пакеты и к этим пакетам необходимо добавить заголовки, определяющие их поведение в сети.

Закодированная информация с телевизионными передачами может быть сохранена и в дальнейшем быть использована для организации трансляции. Для хранения цифровых аудиовизуальных данных разработаны специальные типы файлов. В настоящее время существует целый ряд конкретных реализаций общей схемы Интернет телевидения. Перечислим наиболее распространенные из них:

- формат FLV, разработанный фирмой Macromedia, поглощенной в последствии Adobe;
- формат WMV, созданный Microsoft;
- форматы RV, RMVB, созданные корпорацией Real;
- передача видео в сетях протокола TCP/IP.

Существует два основных типа доставки аудиовизуальной информации:

- потоковое видео;
- прогрессивный формат доставки.

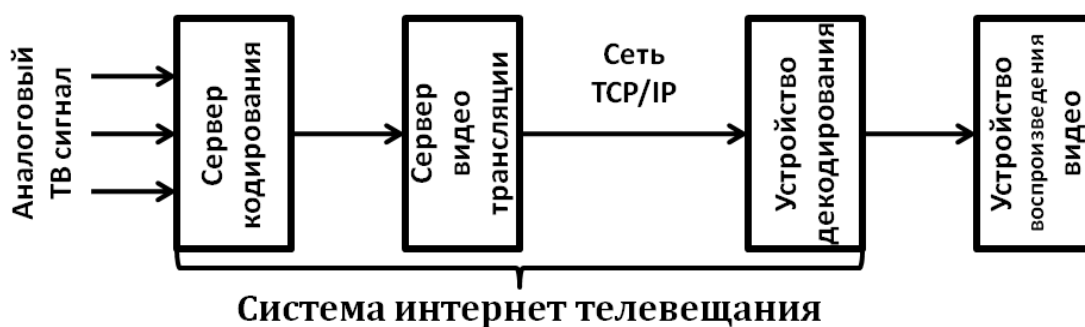


Рис.1.4 Структурная схема Интернет-телевидения

Потоковое видео используется в первую очередь для доставки видео в рамках прямых трансляций или эфирно-кабельного телевидения. Оно предполагает постоянный поток видео данных от сервера видео трансляции. Если скорость такого потока (иначе битрейт) постоянно превышает доступную ширину канала в используемой сети, то полученное изображение не будет отличаться от того, что передает сервер трансляции. Если же пропускной способности сети недостаточно, то картинка будет временами исчезать или вообще не отражаться.

Важнейшая особенность Интернет-телевидения это многоадресная (мультикастинговая) доставка видеоконтента. В отсутствие этой опции при прямой трансляции каждый пользователь будет получать свою картинку отдельно, а это десятки килобайт в секунду даже для изображения низкого качества. Такой режим работы быстро переполняет магистральные каналы, подобно тому, как коммутируемый выход в Интернет перегружал телефонные сети.

Мультикастинговая рассылка предполагает передачу единого потока видеоданных на тех участках маршрута, которые совпадают для нескольких пользователей. В тех точках, где происходит разветвление маршрута, пакеты дублируются. Внедрение принципа мультикастинговой рассылки позволяет перейти от оплаты по трафику к абонентской или повременной оплате, что является неотъемлемой частью Интернет-телевидения.

Далее делается краткий обзор существующих стандартов цифрового телевидения.

Главной проблемой процесса внедрения новых технологий всегда является выработка единых стандартов, которые были бы приняты всеми странами мира. Не обошла такая проблема и переход с аналогового телевидения на цифровое.

В США в конце XX века был принят стандарт ATSC, во время разработки которого учитывался такой важный фактор, как обратная совместимость с аналоговыми приёмниками. ATSC-спецификации включают в себя описание HDTV (High Definition TeleVision), SDTV (Standard Definition TeleVision), EDTV (Enhanced Definition TeleVision), многоканальный звук, интерактивное телевидение.

Максимальное качество изображения, которое может предложить ATSC, соответствует разрешению 1920x1080 при формате экрана 16:9 и сжатии с помощью MPEG2. Качество трансляции приближается к уровню кинотеатрального благодаря тому, что многоканальный 5.1 звук кодируется с помощью формата Dolby Digital AC-3.

Стандарт описывает систему, спроектированную с целью передачи высококачественного изображения, звука, а также дополнительных данных в полосе частот 6 МГц, соответствующей ширине канала аналогового телевидения NTSC.

Концепция системы ATSC отвечает принципу модульности. В ее структуре можно выделить три подсистемы, выполняющих кодирование источника, формирование транспортного потока, канальное кодирование и модуляцию. Целью кодирования источника является компрессия телевизионного изображения и звука. В подсистеме канального кодирования и модуляции, трансформирующей транспортный поток данных в радиосигнал, используется многоуровневая амплитудная модуляция с частично подавленной боковой полосой.

Помимо этого, в ATSC предусмотрена возможность модернизации с целью устранения недоработок и ошибок. Среди отличительных характеристик системы ATSC отметим довольно небольшое соотношение сигнал/шум в 4-6 дБ, что накладывает значительные ограничения на мощность передающей и принимающей аппаратуры.

Европейские разработчики создали свой стандарт Digital Video Broadcasting (DVB), который как и ATSC использует сжатие MPEG2 для передачи видеопотока и Dolby Digital AC-3 5.1 - для объемного звука.

DVB, в свою очередь, разделяется еще на 4 подформата: DVB-T (Terrestrial), DVB-S (Satellite), DVB-C (Cable) и DVB-H (Handheld).

DVB-T (Digital Video Broadcasting -Terrestrial) - относительно молодой стандарт цифрового телевидения. Ключевым вопросом при разработке стандарта DVB-T является выбор типа модуляции - одночастотная или многочастотная. Система DVB-T была разработана с заложенным свойством существенной гибкости, обеспечиваемой за счет опций выбора широкого набора параметров, с целью адаптации ко всем каналам в режимах работы, включая фиксированный, мобильный и переносной приемы, а также построение одночастотных сетей.

Среди всех существующих систем цифрового наземного телевидения, система DVB-T развивается наиболее динамично. Система DVB-T завоевывает все больше сторонников, поскольку обеспечивает высокое качество среди всех возможных применений.

Система DVB-T определяется как функциональный блок оборудования, обеспечивающего адаптацию цифрового ТВ сигнала, представленного в основной полосе частот на выходе транспортного мультиплекса MPEG-2, с характеристиками стандартного наземного радиоканала вещания, имеющего ширину полосы частот 8 МГц.

При этом используется передача сигналов по многочастотной схеме модуляции с частотным распределением ортогональных несущих (OFDM). Каждая из несущих модулируется низкоскоростным цифровым потоком,

являющимся частью общего транспортного потока системы. В ТВ радиоканале спектр системы DVB-T за счет использования схемы модуляции OFDM имеет очень хорошую прямоугольность. Полная спектральная плотность мощности модулируемых несущих OFDM является суммой спектральных плотностей мощности множества несущих.

Стандарт DVB-S (Digital Video Broadcast - Satellite), работающий в полосе частот 11...12 ГГц предназначена для доставки служб многопрограммного телевидения или телевидения высокой четкости в частотных диапазонах фиксированной и радиовещательной служб (10,7...12,75 ГГц) с их непосредственным приемом на домашние интегральные приемники-декодеры, а также на приемники, подключенные к системам с коллективными телевизионными антеннами SMATV (Satellite Master Antenna TV), и систем кабельного телевидения при первичном и вторичном распределениях программ телевидения. В настоящее время практическое все цифровое спутниковое телевидение на все пять континентов осуществляется по стандарту DVB-S.

Число программ телевидения, которое можно передавать с помощью одного спутникового транспондера, зависит от требуемой скорости передачи информации, компонентного или композитного формата кодирования для источника сигнала, качества и разрешающей способности исходного изображения, критичности алгоритма сжатия к некоторым видам изображений и требуемого качества восстановленного изображения.

Структура системы DVB-C (Digital Video Broadcasting - Cable) максимально гармонизирована со структурой спутниковой системы DVB-S, но в качестве типа модуляции в ней используется не QPSK, а M - QAM с числом позиций M от 16 до 256 (т.е. от 16 QAM до 256 QAM) Входными сигналами на головной станции являются транспортные пакеты MPEG-2 и такты, получаемые через интерфейс в основной полосе от: спутниковой линии, технологических линий, локальных программных источников и т.п.

При использовании стандарта DVB-C появляется возможность значительно увеличить зону обслуживания за счет более низкого шумового порога (не более 36 дБ). Появляется возможность эффективного кодирования пакетов программ.

Стандарт DVB-H (мобильное вещание) - стандарт для портативных медиаустройств, который базируется на более раннем вышедшем стандарте DVB-T (цифровое эфирное вещание) в части расширения некоторых устанавливаемых параметров, ориентированных на условия приема цифровых сигналов в мобильных условиях.

Основными задачами стандарта являются:

- экономия тока потребления аккумуляторной батареи мобильного терминала. Эта задача явилась определяющей при формировании концепции мобильного вещания;
- устойчивый мобильный прием в движении, в том числе на больших скоростях;
- возможность приема при многолучевом распространении сигнала, особенно в комнатных условиях;
- полная совместимость с уже существующими сетями DVB-T.

Главные отличия DVB-H от DVB-T заложены в канальном уровне. Прежде всего, это квантование по времени и введение упреждающей коррекции ошибок.

Успехам семейства систем DVB способствует широкая стандартизация всех subsystem и технологий, которые могут найти применение не только сегодня, но и в отдаленной перспективе с учетом прогресса других телекоммуникационных систем и изменения структуры и конъюнктуры рынка.

Японские специалисты разработали свой стандарт - 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).

Стандарт 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 3) 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.

Системы DVB-T, ATSC и ISDB-T в основном различаются уровнем подсистемы адаптации к каналу вещания, в частности, применяемыми в них методами и параметрами цикловой синхронизации, корректирующего кодирования и модуляции, а также алгоритмами кодирования звукового сигнала. Полосы же и диапазоны частот радиоканала в базовых вариантах систем совпадают с принятыми для аналогового вещания в странах-разработчиках.

Все эти системы используют методы мультиплексирования и формирования транспортных пакетов, соответствующих требованиям стандарта MPEG-2. Небольшие отличия связаны с выбором набора системных команд и обеспечиваемых функций, которые определяются передачей конкретных данных сервисной информации. Однако эти различия

не носят принципиального характера, т.к. не препятствуют возможности создания единого декодера для всех видов систем.

Выводы

В первой главе проведен обзор систем и стандартов цифрового телевидения, существующих и применяемых в настоящее время в мире. Приведены краткие характеристики стандартов США, Европы и Японии, указаны их различия и достоинства.

2. ПЕРЕДАЮЩИЕ И ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

2.1 Обзор передающих антенн цифрового телевидения

Передающее оборудование цифрового наземного телевизионного вещания должно обеспечивать качественный прием в условиях больших городов, причем как на стационарные телевизоры, так и на мобильные приемные телеустройства. Здесь речь идет, прежде всего, об устойчивости приема, т.е. изображение и звук на телевизоре должны всегда присутствовать вне зависимости от условий приема.

В значительной мере эти требования определяются передающим оборудованием, чьи технические характеристики должны удовлетворять поставленной задаче обеспечения населения телевизионными программами в пределах зоны гарантированного приема сигналов.

Одним из основных узлов передающего оборудования является передающая антенна, от параметров которой в сильной мере зависит качество предоставляемых услуг цифрового телевидения и экологическая обстановка в пределах передающего центра [9]. Отметим, что в основном на передающих телевизионных центрах применяется не одна антенна, а антенный комплекс, состоящий из нескольких передающих антенн.

На Ташкентском телевизионном передающем центре в качестве передающих антенн используются панельные антенны, которые состоят из однотипных излучающих элементов, определенным образом связанных между собой и с источником возбуждения, т.е. с передатчиком. Антенны размещены на ташкентской телебашне на высоте более двухсот метров в определенном порядке: шесть панелей с горизонтальной поляризацией направлены на юг, юго-восток и юго-запад (это достигается путем п-образного размещения панелей на мачте), четыре с вертикальной поляризацией – на север. Все это сделано для того, чтобы организовать максимально большой охват зоны покрытия сигналами цифрового

телевидения, с наиболее равномерным уровнем поля в пределах зоны уверенного приема.

Выбор передающей антенны заслуживает самого пристального внимания. Ее тип напрямую влияет на оптимальное покрытие сигналами зоны обслуживания и, таким образом, на качество сигнала в точке приема.

Передающая антенна должна равномерно покрывать сигналами предполагаемую зону, без наличия так называемых мертвых зон обслуживания, куда сигнал не проникает, либо сильно ослабляется. Поэтому антенны устанавливаются на высоких мачтах, оптимизируются их направленные свойства, определяются оптимальные конструктивные параметры. Некоторые из передающих антенн являются также приемными, что помогает снизить затраты на оборудование станций.

Далее делается обзор передающих антенн цифрового телевидения.

Существует огромное множество различных типов передающего оборудования, которое выпускается известными зарубежными фирмами. Выбор передающей антенны заслуживает самого внимательного отношения к этому вопросу. Часто бывает, что тип выбранной антенны сильно влияет на рентабельность телевизионной компании.

В качестве яркого примера можно привести антенную систему на основе панелей UTV-01 (рис.2.1,а), которая предназначена для излучения телевизионных сигналов с горизонтальной поляризацией в диапазоне дециметровых волн (470...860 МГц), ее диаграмма направленности (ДН) показана на рис.2.1,б. Антенна устанавливается на опоре с сечением от 500x500 мм до 640x640 мм и предназначена для эксплуатации на открытом воздухе при температуре от -40 до +45 °С. Антенные системы на базе панельной антенны UTV-01 представлены на рис.2.2. В состав антенной системы входят делители мощности, комплект кабелей с креплениями, опора для установки.



Диапазон рабочих частот	470–860 МГц
КСВН	$\leq 1,1$
Разъем	7/8"
Максимальная мощность	2,5 кВт
Поляризация	горизонтальная
Коэффициент усиления относительно полуволнового вибратора	12 дБ
Входное сопротивление	50 Ом
Ширина диаграммы направленности	в горизонтальной плоскости: $\pm 32^\circ$ в вертикальной плоскости: $\pm 12^\circ$
Размеры	1000 x 450 x 280 мм
Вес	15,4 кг
Ветровая нагрузка	150 км/час
Максимальная скорость ветра	220 км/час
Материал	нержавеющая сталь (рефлектор) медь покрытая серебром (внутренние проводники) стекловолокно (обтекатель)

а)



б)

Рис.2.1 Панельная антенна UTV-01: а - технические характеристики,
б - диаграммы направленности

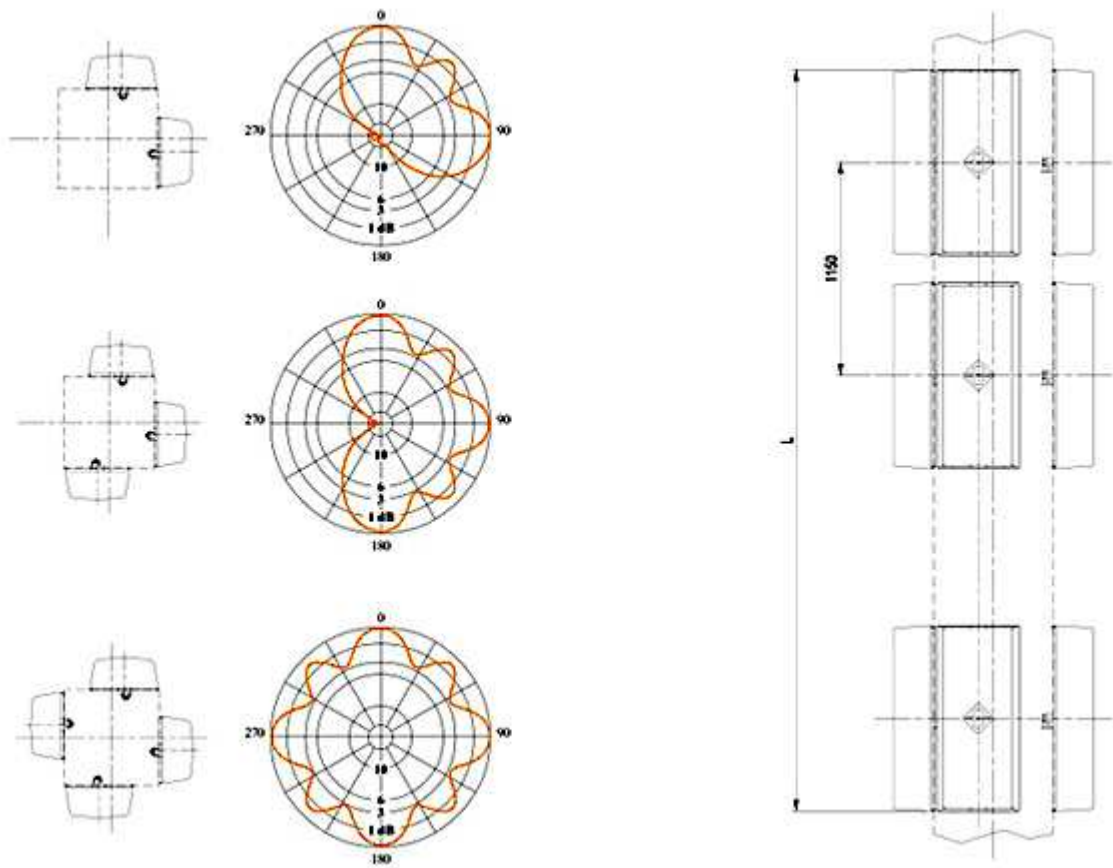


Рис.2.2 Антенные системы на базе панельной антенны UTV-01 и их диаграммы направленности

Передающая панельная антенна АТУ-Р45 (рис.2.3) предназначена для работы в качестве направленной передающей антенны в дециметровом диапазоне. Кроме того, на базе АТУ-Р45 можно реализовать антенную систему с круговой или специальной ДН.

Широкая полоса рабочих частот, перекрывающая весь дециметровый диапазон, позволяет использовать такую антенну (или систему на ее основе) для совместной работы с несколькими передатчиками, объединенными при помощи устройства сложения. При этом максимально допустимая мощность излучения определяется только типом входного разъема и может быть доведена до 5 кВт (для одной панели) или до 20 кВт и более (для антенной системы). ДН антенны АТУ-Р45 для одной панели показана на рис.2.4, а для четырех – на рис.2.5.

На ташкентском телевизионном передающем центре и в г. Бухаре установлены панельные антенны немецкой фирмы Kathrein [10]. Внешний вид панели и технические характеристики приведены на рис.2.6. На рис 2.7. показаны ДН антенны.

Учитывая местоположение Ташкентской телебашни, было принято решение, что шесть панелей, размещенные в два этажа, обеспечат охват сектора пространства излучения в 180 градусов в южном направлении, а четыре панели в два этажа обеспечат излучение практически на те же 180 градусов в северном.

В г. Бухаре размещение панелей было выполнено симметрично – три панели в один этаж обеспечивают излучение практически на 180 градусов на юг, и три панели в один этаж – на север. ДН антенной системы из 3-х панелей представлены на рис.2.8.

Рассмотренные панельные антенны являются классическим примером построения антенных систем современных передающих телевизионных центров. Однако необходимо сказать, что такое решение не является



Диапазон рабочих частот	470...862 МГц
Поляризация	горизонтальная
Коэффициент усиления, дБ	14,2
Диаграмма направленности (по уровню половинной мощности)	24° в вертикальной плоскости 64° в горизонтальной плоскости
Максимальная входная мощность, кВт	3
КСВ в диапазоне рабочих частот, не выше	1,2
Волновое сопротивление, Ом	50
Масса, кг, не более	16,8
Габариты, мм, не более	1000x450x280

Рис.2.3 Передающая панельная антенна АТУ-Р45 и ее технические характеристики

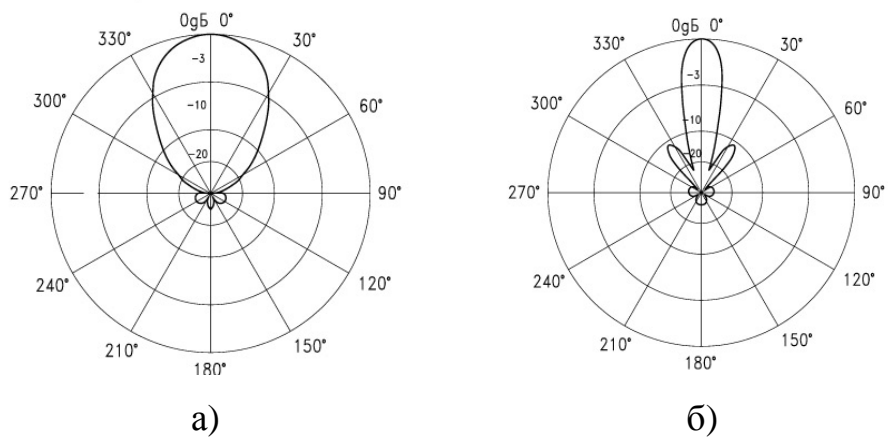


Рис.2.4 ДН антенны АТУ-Р45 (1 панель): а - в горизонтальной плоскости, б - в вертикальной плоскости

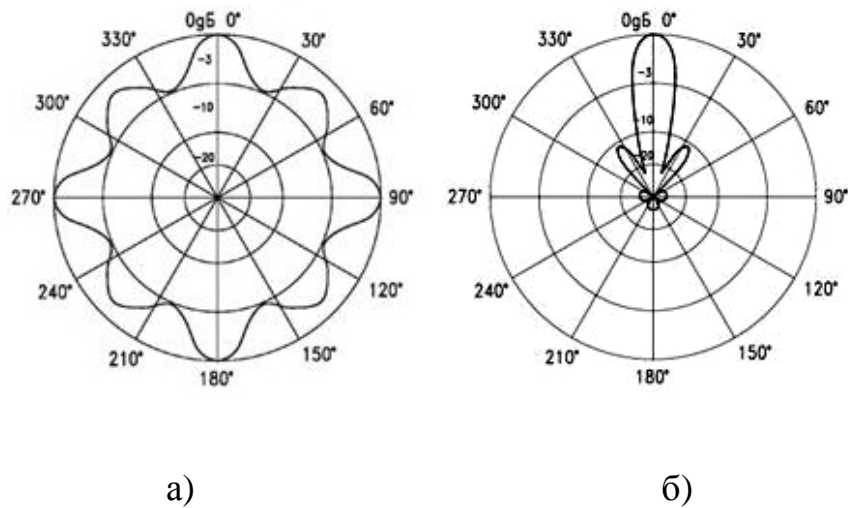
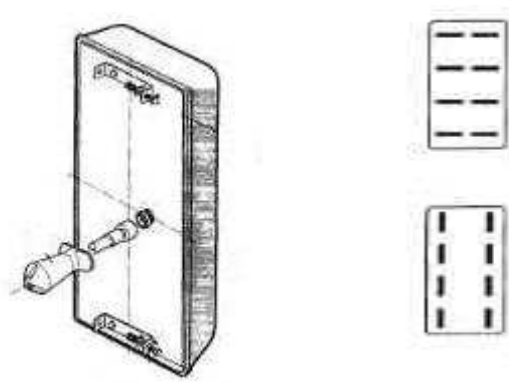


Рис.2.5 ДН антенной системы АТУ-Р45 (4 панели): а - в горизонтальной плоскости, б - в вертикальной плоскости



Диапазон рабочих частот	470... 860 МГц
Поляризация	горизонтальная, вертикальная
Коэффициент усиления, дБ	11
Диаграмма направленности (по уровню половинной мощности)	28° в вертикальной плоскости 62° в горизонтальной плоскости
Максимальная входная мощность, кВт	0,5
КСВ в диапазоне рабочих частот, не выше	1,1
Волновое сопротивление, Ом	50
Масса	12 кг
Габариты	1000x500x190 мм

Рис.2.6

Передающая панельная антенна Kathrein и ее технические характеристики

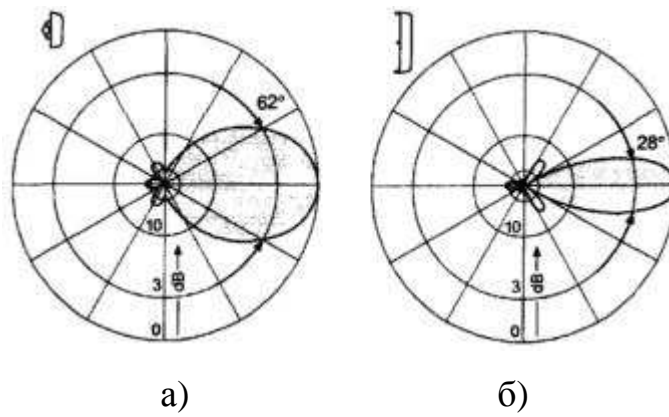
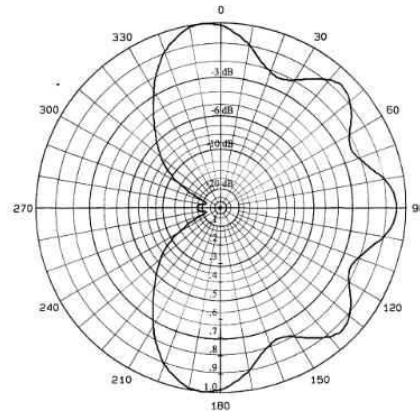
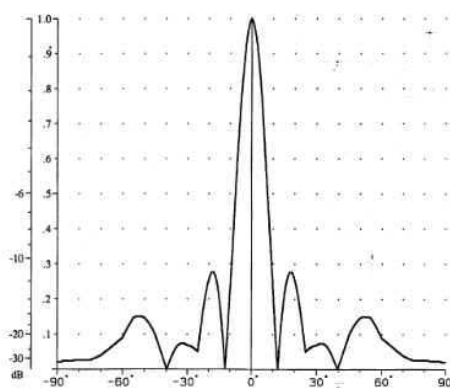


Рис.2.7 ДН панельной антенны Kathrein:

а - в горизонтальной плоскости, б - в вертикальной плоскости



а)



б)

Рис.2.8 ДН антенны Kathrein (3 панели):

а - в горизонтальной плоскости, б - в вертикальной плоскости

единственным при организации цифрового телевидения. Выбор антенны зависит от условий, в которых строится и эксплуатируется телевизионная

система, от финансовых затрат и задач, стоящих перед разработчиками системы цифрового телевидения.

Кроме панельных успешно используют штыревые передающие антенны, директорные и логопериодические антенны, некоторые другие виды вибраторных антенн [11]. Каждая из этих типов имеет свои достоинства и недостатки, которые необходимо учитывать при построении системы эфирного наземного цифрового телевидения.

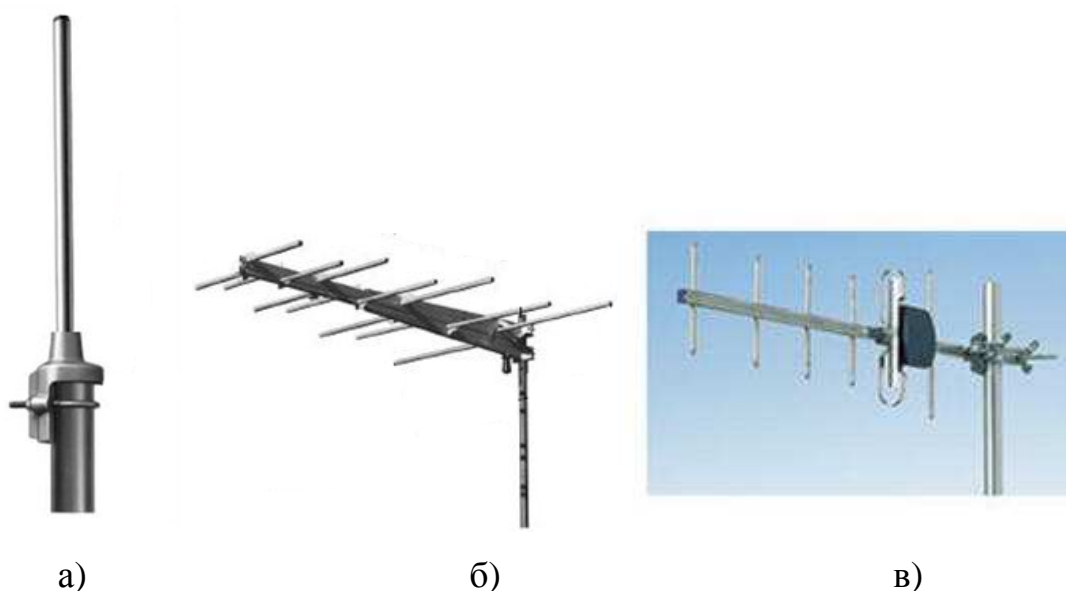


Рис.2.9 Передающие антенны, используемые в системах цифрового телевидения: а – штыревая, б – логопериодическая, в – директорная

2.2 Обзор приемных антенн цифрового телевидения

Проблема уверенного приема сигналов цифрового эфирного телевидения заключается не только в том, какое передающее оборудование используется на телевизионном центре, но и какое приемное оборудование применяется пользователями в месте приема.

Для приема даже небольшого пакета телевизионных каналов нужно иметь телевизионный приемник (тюнер) с поддержкой стандарта DVB-T и формата сжатия MPEG-4, который подключается к обычному аналоговому телевизору. Кроме тюнера нужна антенна дециметрового диапазона, в котором ведется телевидение.

В районах с уверенным приемом (высоким уровнем поля) вполне подойдут слабонаправленные антенны, например, штыревые, либо разновидности простых вибраторных антенны (пример – антенна «усы»).

Если расстояние от передающего центра до точки приема сравнительно большое, отсутствует прямая видимость или условия приема далеки от оптимальных, то следует использовать стационарные внешние антенны. При этом можно использовать пассивные антенны, а если это не дает положительных результатов, необходимо использовать активные антенны с собственным малошумящим усилителем.

Подавляющее большинство антенн, 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.

Население не имеет информации о том, какие приемные антенны индивидуального пользования нужно устанавливать в конкретных условиях. Кроме того, в настоящее время в продаже представлены многие модели приемных антенн, которые по ряду параметров далеко не везде могут обеспечить качественный прием сигналов цифрового телевидения. Следовательно, нет гарантий того, что вблизи расчетных границ зон

обслуживания передающих станций будет возможен прием программ цифрового телевизионного вещания.

Системы цифрового наземного вещания еще некоторое время будут использовать один и тот же диапазон частот совместно с существующими аналоговыми системами. Это создает тяжелую помеховую обстановку в месте приема таких сигналов. Другими серьезными факторами, влияющими на качество приема, являются многолучевость, помехи по совмещенному и смежным каналам, промышленные помехи. Эти факторы меняются в зависимости от местоположения наружной приемной телевизионной антенны, оптимальное место установки которой определяется экспериментальным путем.

Создать универсальную типовую приемную установку индивидуального пользования в наземных сетях цифрового эфирного вещания невозможно. Условием качественного приема цифрового сигнала является обеспечение необходимого отношения сигнал/шум на входе приемника. Поэтому в местах, где напряженность поля близка к граничным значениям, следует применять антенны, обладающие высокими направленными свойствами, т.е. обладающими большой пространственной избирательностью.

Рассмотрим далее некоторые, успешно применяемые приемные антенны цифрового телевидения [12,13,14].

На рис.2.10 показана комнатная антенна ДМВ диапазона «Дельта К131.02А». Она 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.

Технические характеристики антенны:

- диапазон рабочих частот – 470...790 МГц;

- максимальное усиление на 21- 60 канале – 22...25 дБ;
- вид поляризации – горизонтальная;
- коэффициент защитного действия – не менее 12 дБ;
- коэффициент стоячей волны по напряжению – не более 2;
- волновое сопротивление кабеля – 75 Ом.

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

На рис. 2.11 показана антенна дальнего приема ADLX50. Антенна предназначена для применения в зонах неуверенного приема и на значительном удалении от передающей станции. Высокое собственное усиление до 15 дБ, и малошумящий усилитель слабых сигналов 21 дБ, позволяют принять с хорошим качеством программы цифрового телевидения в диапазоне ДМВ.

На рис.2.12 показана приемная антенна ADLX mini. Она имеет дополнительную возможность применения в качестве комнатной или чердачной антенны без необходимости крепления на мачту.

На рис.2.13 показана телевизионная антенна «ЭКСТРА». Она проста в монтаже, имеет низкую цену, высокую помехозащищенность и чувствительность. Антенна комплектуется источником питания с сепаратором и усилителем, который подбирается в соответствии с условиями приема. Усилители имеют универсальную конструкцию и крепятся на двух винтах без пайки, что создает дополнительные удобства потребителю.



Рис.2.10 Антенна «Дельта К131.02А»



Рис.2.11 Антенна ADLX50



Рис.2.12 Антенна ADLX mini

Технические характеристики антенны:

- диапазон рабочих частот – 40...800 МГц;
- коэффициент усиления – не менее 13,5 дБ;
- волновое сопротивление – 75 Ом;
- вид поляризации – горизонтальная;
- число элементов – 20.

На рис.2.14 показана антенна Дельта Н115, которая представляет собой фазированную антенную решетку на основе четырех шести вибраторных логопериодических антенн. В сравнении с аналогичной по усилению традиционной логопериодической антенной, "Дельта Н115" в четыре раза меньше по длине и имеет более чем в два раза выше коэффициент направленного действия, что обеспечивает ее высокую помехозащищенность.

Дальность и качество приема зависят от коэффициента усиления антенны, места ее установки, высоты ее подвеса над землей, мощности телевизионных передатчиков, высоты подвеса над землей передающих антенн телецентра, рельефа местности, времени года, уровня помех и ряда других факторов.

Технические характеристики антенны:

- диапазон рабочих частот – 470...800 МГц;
- коэффициент усиления – не менее 11 дБ;
- волновое сопротивление – 75 Ом;
- вид поляризации – горизонтальная;
- коэффициент защитного действия – более 16 дБ.

На рис.2.15 показана антенна Л-Полнос L 208.93, которая имеет следующие технические характеристики:

- диапазон рабочих частот - 470...800 МГц;
- коэффициент стоячей волны в полосе частот - 1,4...2;

- коэффициент усиления в полосе частот - 10,2...16,7дБ;
- волновое сопротивление – 75 Ом;
- вид поляризации – горизонтальная.

На рис.2.16 показана антенна МИР X-100. Эта антенна с большим количеством наводящих элементов имеет значительный уровень усиления и может применяться в самых тяжелых условиях приема.

Технические характеристики антенны:

- диапазон рабочих частот - 470...800 МГц;
- коэффициент усиления в полосе частот – 20...26 дБ;
- волновое сопротивление – 75 Ом;
- вид поляризации – горизонтальная.

Выводы

Во второй главе проведен обзор антенн, применяемых на передающих телецентрах и в составе абонентского оборудования. Указываются требования, предъявляемые к ним, приводятся технические характеристики наиболее распространенных типов антенн.

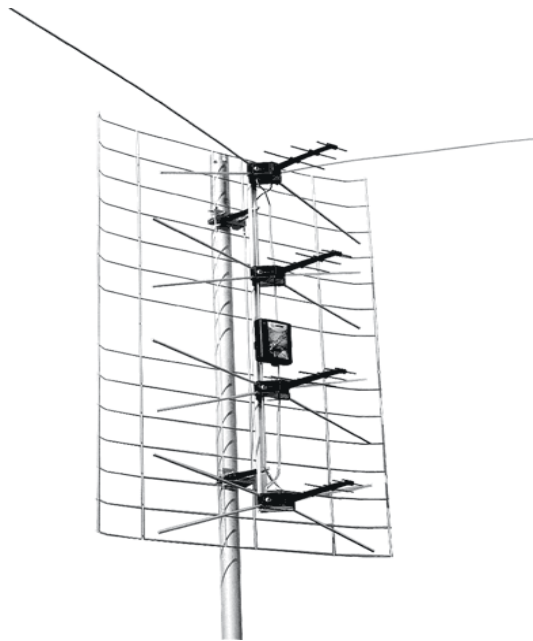


Рис.2.13 Всеволновая телевизионная антенна ЭКСТРА

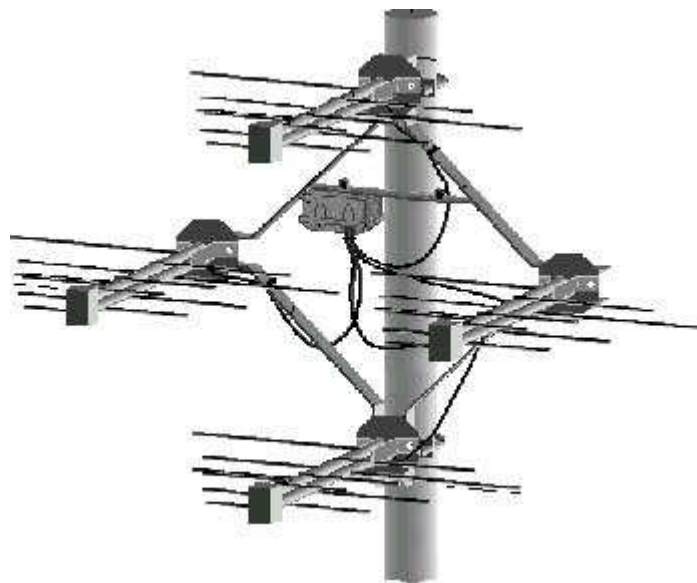


Рис.2.14 Антенна Дельта Н115



Рис.2.15 Антенна Л-Полус L 208.93



Рис.2.16 Антенна МИР X-100

3. ОСОБЕННОСТИ ПРИЕМА СИГНАЛОВ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИЕМНЫХ АНТЕНН

3.1. Особенности передачи и приема цифрового телевидения. Задачи оптимизации оборудования цифрового телевидения

Аналоговый сигнал по мере его распространения в любой среде претерпевает существенные искажения, не восстанавливаемые на приемной стороне. Это одно из основных отличий аналоговых сигналов от цифровых.

Для цифрового сигнала характерна та особенность, что его качество остается неизменным при снижении уровня входного сигнала до некоторого минимального значения, именуемого порогом (пороговым значением по тому или иному критерию). Однако следует заметить, что сам исходный сигнал в аналоговом виде более высокого качества в сравнении с цифровым, что понятно из самого физического смысла. Но это различие не велико как по объективным, так и по субъективным показателям. Переход на цифровое эфирное вещание был вызван и другими причинами.

Важным плюсом стандарта DVB-T является возможность снижения мощности передатчика при той же зоне охвата сигналами, что и в случае аналогового телевидения. Действительно, за счет значительно меньшего минимально допустимого отношения С/Ш в сравнении с аналоговым вещанием (минимальное $C/\Pi \geq 43$ дБ), возможна подача на вход цифрового приемника значительно меньшего уровня входного сигнала (типовое значение – 12...18 дБмВ), что равносильно возможности снижения мощности передатчика.

Следующим важным моментом при переходе на цифровое вещание явилась задача обеспечения максимальной помехоустойчивости. При трансляции аналоговых телевизионных сигналов по эфиру, на качество приема помимо атмосферных и промышленных помех сильно влияют

переотраженные радиоволны и помехи от других радиопередатчиков, работающих в этом же частотном диапазоне в соседних местностях. Стандарт DVB-T допускает отношение сигнал/помеха до 6...12 дБ.

Применяя OFDM-модуляцию, достигаются уникальные свойства в части возможности построения одночастотных сетей, возможности обеспечения низкого требуемого отношения С/Ш, высокой защиты от переотраженных объектов и низкой чувствительности к эффекту Доплера (при приеме телевизионных сигналов в движении).

Помимо основных видов модуляции в стандарте DVB-T используется также и иерархическая модуляция, позволяющая в потоке с высоким приоритетом передавать меньшее число программ и даже с худшим качеством, но со значительным увеличением зоны покрытия, представляя тем самым вести прием на комнатные антенны.

Очень важным моментом при построении систем на основе стандарта DVB-T является точное и правильное определение зоны покрытия. Кроме того, одним из наиважнейших условий оптимального выбора передатчика является выбор его выходной (излучаемой) мощности, обеспечивающей зону покрытия.

Расчет зоны покрытия является весьма трудоемкой задачей, доступной только при наличии специального программного обеспечения и достоверности выбранной модели распространения сигналов в заданных условиях. Радиус зоны покрытия зависит от множества факторов, рассматриваемых ниже.

Зоной покрытия (обслуживания) принято называть территорию вокруг передающего центра, на границе которой гарантируется прием с заданным качеством. Понятие “гарантируется” весьма условно, поскольку в действительности качество приема зависит от целого ряда факторов: технических характеристик приемного терминала, характера местности, условия застройки в месте приема, времени суток и года, погодных условий и т.д. Кроме того, при определении зоны покрытия принято считать, что ДН

передающей антенны имеет форму окружности, тогда как допустимая нормативами неравномерность реальной диаграммы в азимутальной плоскости может достигать 3 дБ, что эквивалентно изменению излучаемой мощности вдвое и, соответственно, приводит к искажению идеального вида диаграммы.

Границу зоны обслуживания определяют как геометрическое место точек, в которых значение напряженности поля равны нормируемым значениям в течение 50% времени в 50% мест приема. Такие значения определяют расчетным путем исходя из принятых технических характеристик приемных установок с учетом помеховой обстановки.

Радиус зоны покрытия, т.е. расстояние от передающего телецентра до приемной установки, на которой можно обеспечить приведенные значения напряженности поля, определяют по так называемым кривым распространения, приведенным в Рекомендации Международного Союза Электросвязи (Recommendation ITU-R P.1546-1).

Очевидно, что условия приема в заданной точке определяются уровнем напряженности электрического поля. Как сама напряженность поля, так и возможность приема сигнала зависят от целого ряда факторов, основными из которых являются:

- условия распространения радиоволны;
- поляризация волны;
- рабочая длина волны;
- зона приема (удаленность от передающего телецентра);
- холмистость местности;
- высота подъема передающей и приемной антенны;
- потери в питающем фидере передатчика;
- защитное отношение С/Ш.

Из вышеизложенного следует, что факторов, влияющих на радиус зоны покрытия, достаточно много. Поэтому, чтобы учесть их, требуется

использование машинных методов при выполнении расчетов уровней поля и пределов зон уверенного приема сигналов цифрового телевидения и радиовещания, а также проведение многочисленных экспериментов по измерению уровней поля в различных точках в пределах телевизионного передающего центра, на различных расстояниях от него и в различных направлениях.

Важнейшим фактором, который определяет эффективность работы цифрового телевидения, является месторасположение абонентов, т.е. людей, принимающих на стационарные приемники сигналы, излучаемые передающей антенной телецентра. Для Ташкента особой альтернативы нет, так как все передающие антенны установлены на Ташкентской телебашне, расположенной на самом высоком месте в городе. Это дает возможность обеспечить наибольший радиус покрытия сигналами цифрового телевидения, который заявляется в пределах 60 километров от передающего телецентра.

Однако следует иметь в виду неравномерность городской застройки (в одних районах Ташкента имеется большое количество одноэтажных домов, в других – многоэтажных, в третьих – чередование и малоэтажных, и многоэтажных строений), наличие естественных впадин (например, район ТТЗ и массив Северо-восток), либо возвышенностей. Все это, несомненно, влияет на конечный результат – уровень поля в точке приема, и, таким образом, на качество услуг цифрового телевидения.

В процессе дальнейшего проектирования системы цифрового телевидения необходимо будет проводить измерения во всех районах города и пригорода, анализировать и [результаты, и, в конце концов, приходиться к выводу о методах покрытия всей обслуживаемой территории.

Так, например, вполне возможно (и даже необходимо!) будет использовать дополнительные ретрансляторы в районах, где отсутствует стабильное покрытие сигналами от передающего телецентра. Либо возникнет необходимость использования на приемной стороне специальных устройств в виде пассивных ретрансляторов, либо потребуется применять в качестве

приемных антенн активные устройства с собственным малошумящим усилителем.

Дальнейшие разделы магистерской диссертации будут посвящены вопросам исследования особенностей покрытия сигналами цифрового телевидения различных районов города Ташкента, анализу полученных результатов и выработке рекомендаций по улучшению предоставляемых услуг населению.

3.2. Постановка задачи улучшения приема сигналов цифрового телевидения в г.Ташкенте

Как известно (и было сказано выше) на Ташкентской телевизионной башне, на высоте порядка двухсот метров установлены десять передающих панельных антенн, размещенных в определенном порядке – шесть панелей покрывают сектора в направлении юг, юго-восток, юго-запад, четыре панели покрывают сектора в направлении север, северо-восток, северо-запад.

Такое размещение передающих антенн позволяет по заявлению производителей антенн равномерно покрыть всю территорию вокруг передающего телецентра. Кроме того, ориентация передающих антенн и вид поляризации излучаемых ими волн выбраны, исходя из наибольшей плотности размещения абонентов в тех или иных направлениях, а также исходя из близости к телевышке приграничных областей республики Казахстан. Общая суммарная подводимая мощность равна 2 кВт. Вещание ведется на трех дециметровых каналах – 37,41,42. Их частотный диапазон - 592...598 МГц, 622...630 МГц, 630...638 МГц, полоса каждого – 8 МГц.

Абонентам предлагается приобретать комплект приемного оборудования, состоящего из тюнера и приемной антенны. Тюнер и антенна изготавливаются в Узбекистане.

В рамках данной работы не стояла задача исследования характеристик цифрового тюнера, поэтому далее будут рассматриваться вопросы, касающиеся исключительно характеристик приемной антенны, в качестве которой в настоящее время предлагается лишь один тип – логопериодическая антенна.

Таким образом, это, как бы, универсальная антенна, используемая абонентами, как находящимися близко от передающего центра (до нескольких километров от телевышки), так абонентами, находящимися в более дальних районах (до десяти километров от телевышки), так и абонентами, находящимися в достаточно удаленных районах (более десяти километров от телевышки).

На мой взгляд, такой подход к выбору приемного антенного оборудования не является наилучшим. Анализируя высказывания уже имеющихся пользователей цифрового телевидения по поводу приема сигналов в различных районах Ташкента и Ташкентской области, можно прийти к выводу, что такая универсальность не позволяет получить положительные результаты.

На различных узбекистанских Интернет-форумах [15,16,17] люди пишут том, что сигналы периодически пропадают, антенны приходится выносить за пределы помещения, где находятся телевизоры, в процессе приема приходится периодически менять ориентацию антенн в пространстве, при переключении каналов происходит сбой работы тюнера. Таким образом, становится понятным, что имеется огромное количество проблем, которые будут лишь усугубляться с увеличением числа абонентов цифрового телевидения, живущих в разных районах Ташкента.

Исходя из этого, необходимо уже сейчас проводить полномасштабные измерения уровней поля в различных районах покрываемой зоны, анализировать полученные результаты, накапливать статистику, и, в конце концов, оптимизировать как передающее, так и приемное оборудование.

В рамках данной магистерской диссертации делается попытка проведения исследований по приему сигналов цифрового телевидения в различных районах Ташкента, на различных расстояниях от передающего антенного комплекса.

Была поставлена задача проведения экспериментов с использованием штатного приемного оборудования, которое входит в абонентский комплект. Он состоит из цифрового телевизионного тюнера и логопериодической приемной антенны.

Эксперименты должны проводиться в выбранных точках, характеризующихся определенной удаленностью от телевышки, особенностями застройки, наличием различных объектов типа деревьев, зеленых насаждений, гаражей, и т.п., рельефом местности.

Эксперименты должны проводиться в весеннее время года, когда растительность достигла своего предела, т.е. уже имеются максимально возможные препятствия для прохождения сигналов цифрового телевидения.

Эксперименты должны проводиться с несколькими типами приемных антенн, для того, чтобы получить сравнительные характеристики, анализируя которые можно сделать выводы об оптимальности использования того или иного типа приемных антенн в определенных районах города.

Полученные в ходе экспериментов результаты должны дать возможность сделать выводы об оптимальности работы передающего телевизионного центра, оптимальности технических характеристик приемного оборудования (в частности – приемной антенны), сформулировать предложения по улучшению приема сигналов цифрового телевидения в Ташкенте.

В ходе проведения экспериментов будут использоваться несколько типов антенн, параметры которых (направленные и электрические характеристики) будут смоделированы на компьютере в среде исследовательской программы MMANA. По результатам моделирования и

физических экспериментов будет сделан вывод об оптимизации характеристик приемных антенн цифрового телевидения.

3.3. Экспериментальные исследования уровней сигналов в г. Ташкенте

Основная проблема измерений уровня напряженности поля и получения достоверных результатов заключается в наличии высокоточного измерительного оборудования. К большому сожалению, такое оборудование имеется только в специализированных организациях, занимающихся мониторингом радиоэфира, научно-исследовательских институтах и других специализированных организациях.

При постановке экспериментов в рамках данной магистерской диссертации такого оборудования в моем распоряжении не было. Поэтому было принято решение использовать комплект абонентского оборудования.

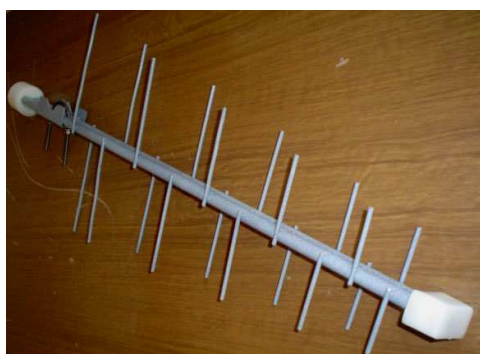
Комплект для исследований состоял из тюнера, приемной антенны, фидера, ноутбука, сопрягающего устройства. Антенна принимала цифровой телевизионный сигнал, который по фидеру поступал на вход тюнера, далее через сопрягающее устройство обработанный сигнал поступал на USB-порт ноутбука, на котором отображалось видеоизображение. На рис.3.1 показан комплект исследовательского оборудования.

Поскольку планировалось провести исследования для различных условий приема, в качестве приемных антенн были взяты следующие конструкции: штатная логопериодическая (рис.3.2,а), симметричный полуволновый вибратор (рис.3.2,б), круглая рамка (рис.3.2,в), четырехэлементная плоская антенная решетка (рис.3.2,г).

После того, как был сформирован комплект исследовательского оборудования, были отобраны и определены места проведения экспериментов. С помощью точной карты города Ташкента (полученной на специализированном Интернет-сервисе Google-Earth [18]) были определены места, в которых планировалось проведение исследований. Места были



Рис.3.1 Комплект исследовательского оборудования



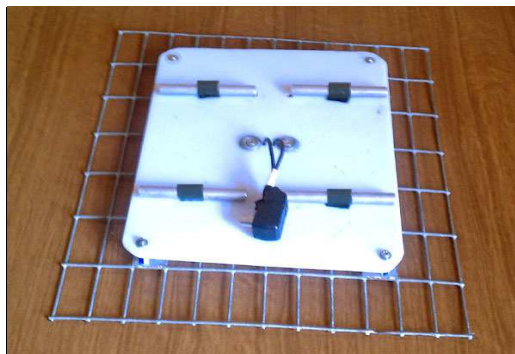
а)



б)



в)



г)

Рис.3.2 Исследуемые антенны: а – логопериодическая, б – симметричный вибратор, в – круглая рамка, г – антенная решетка

выбраны таким образом, чтобы, по возможности, захватить все возможные варианты размещения абонентского оборудования (т.е. гипотетическое размещение реальных пользователей цифрового телевидения).

Исходя из этого, вся область вокруг Ташкентской телевизионной башни была разбита на зоны и сектора: ближняя зона (до 3 километров от башни), средняя зона (от 3 до 7 километров), дальняя зона (свыше семи километров), южное направление, западное направление, северное направление, восточное направление. Карта с указанными точками, в которых проводились исследования, показана на рис.3.3 (полная карта приведена в приложении 1).

В пределах сектора проводилось несколько исследований (так делалось, исходя из довольно большого углового сектора зоны). В каждой зоне выбирались несколько типов окружающего пространства – плотная застройка, слабая застройка, открытая местность. В процессе исследований приемная антенна размещалась на высоте порядка полутора метров от земли и ориентировалась на максимум приходящего сигнала.

Уровень сигнала фиксировался на мониторе ноутбука в виде информационной строки, формируемой тюнером вместе с принимаемым изображением. На шкале информационной шкалы отображался процент уровня входного сигнала, где 100 процентов означало наибольшее значение величины сигнала на входе тюнера. Вид информационной шкалы показан на рис.3.4.

В каждой точке проводилось четыре исследования – с каждым типом имеющихся антенн. Исследования проводились на одном вещательном телевизионном канале. Время проведения исследований – апрель 2011 года, с 13.00 до 16.00, при ясной погоде.

Результаты всех исследований приведены в таблицах 3.1 – 3.4. Обозначения в таблицах: ом – открытая местность, пз – плотная застройка.

Проведем анализ полученных результатов.

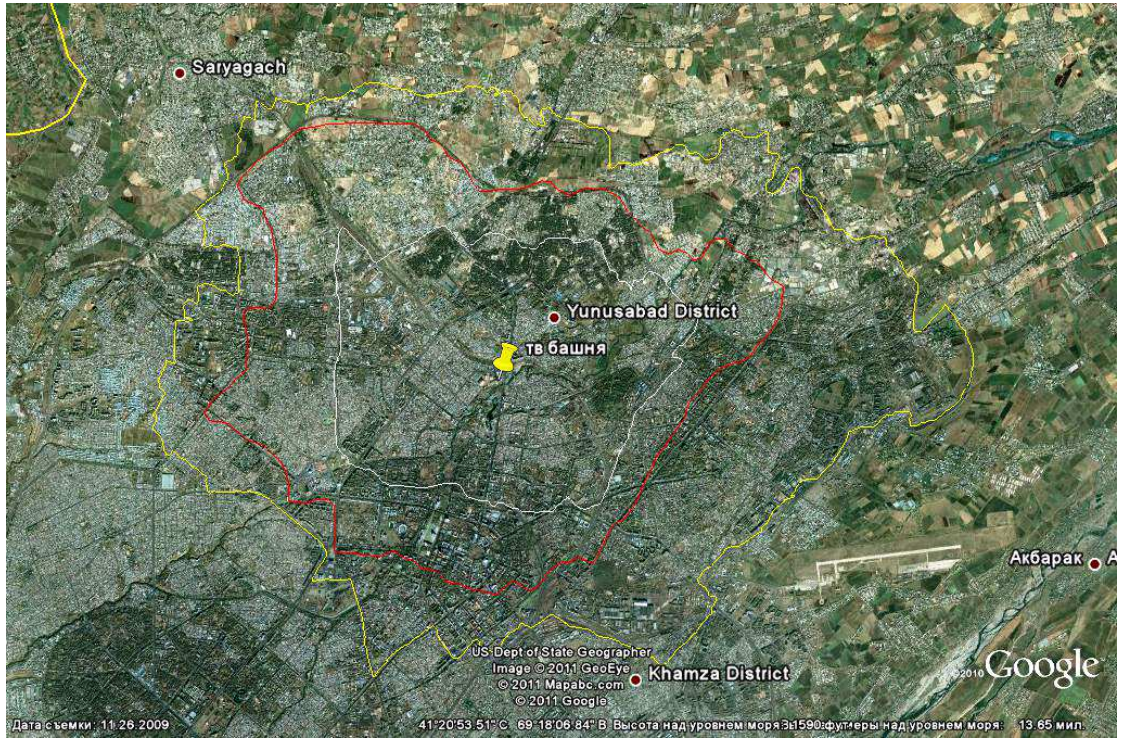
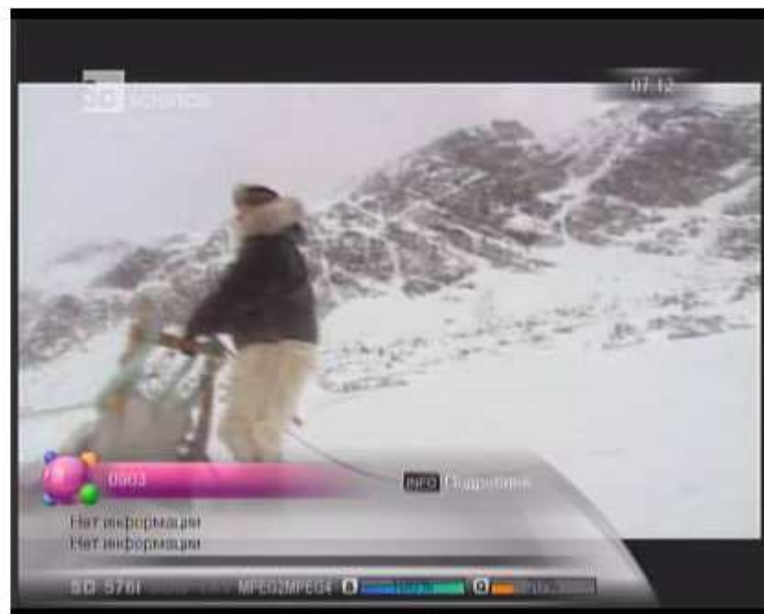


Рис.3.3 Карта Ташкента с указанием мест, где проводились исследования



шкала уровня сигнала

Рис.3.4 Изображение на экране монитора и шкала уровня принимаемого сигнала

Таблица 3.1 Результаты исследований в северном направлении

направление и зоны		показания шкалы уровня принимаемого сигнала, %								
		логопериодическая		вибратор		рамка		решетка		
Север	зоны	ом	пз	ом	пз	ом	пз	ом	пз	
	ближняя	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		99	99	86	80	100	90	98	96	
		100	90	88	86	98	80	98	90	
	средняя	98	96	90	80	90	90	96	90	
		100	70	90	60	100	70	100	70	
		98	74	88	50	90	70	100	70	
		90	70	86	54	96	76	98	74	
	дальняя	96	78	80	58	90	78	96	76	
		70	10	60	10	60	10	70	10	
		68	15	40	-	50	-	80	10	
		67	30	46	-	60	-	76	20	
		76	10	40	-	70	10	70	15	

Таблица 3.2 Результаты исследований в южном направлении

направление и зоны		показания шкалы уровня принимаемого сигнала, %								
		логопериодическая		вибратор		рамка		решетка		
Юг	зоны	ом	пз	ом	пз	ом	пз	ом	пз	
	ближняя	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		98	96	90	70	100	90	100	90	
		96	98	96	86	98	80	98	96	
	средняя	100	100	90	90	96	76	96	86	
		100	100	100	70	100	70	100	90	
		98	80	88	74	90	60	90	86	
		90	70	86	60	98	68	96	88	
	дальняя	96	76	80	68	96	67	98	80	
		70	10	50	10	70	10	70	10	
		70	10	70	-	60	-	80	15	
		80	15	60	-	60	-	70	-	
		65	20	50	-	65	-	84	-	

Таблица 3.3 Результаты исследований в западном направлении

направление и зоны		показания шкалы уровня принимаемого сигнала, %								
		логопериодическая		вибратор		рамка		решетка		
Запад	зоны	ом	пз	ом	пз	ом	пз	ом	пз	
	ближняя	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		100	90	100	70	100	70	98	90	
		90	80	90	80	100	88	98	80	
	средняя	90	70	98	78	98	86	96	90	
		100	80	80	50	100	70	100	80	
		86	70	77	60	98	70	90	70	
		88	80	70	70	90	70	90	70	
	дальняя	90	60	70	40	90	60	98	68	
		70	10	50	10	70	10	70	10	
		70	10	55	-	60	-	60	10	
		68	15	40	-	50	10	50	-	
		70	20	60	-	70	15	58	-	

Таблица 3.4 Результаты исследований в восточном направлении

направление и зоны		показания шкалы уровня принимаемого сигнала, %								
		логопериодическая		вибратор		рамка		решетка		
Восток	зоны	ом	пз	ом	пз	ом	пз	ом	пз	
	ближняя	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		100	90	100	90	100	90	100	90	
		100	90	98	86	90	80	100	60	
	средняя	98	86	96	76	98	98	100	70	
		100	70	100	50	90	50	100	70	
		100	70	90	50	80	50	90	60	
		90	80	90	40	70	55	86	68	
	дальняя	98	76	96	40	90	50	88	50	
		70	10	40	-	60	-	70	10	
		70	15	30	-	68	-	60	15	

	60	15	-	20	60	10	70	10
	70	20	10	-	60	10	70	-

В ближней зоне, которая определена в пределах 3...4 километров от передающего телевизионного центра, при условиях как открытой местности, так и плотной застройки, во всех направлениях, уверенный прием возможен на любой тип антенн – от логопериодической антенны до простого симметричного вибратора. Уровень сигнала, ориентируясь на шкалу тюнера и качество картинки на экране монитора, не опускался ниже 70%.

Таким образом, можно утверждать, что в ближней зоне оптимальным вариантом является использование слабонаправленных простых вибраторных антенн типа полуволновый вибратор или круглая рамка.

Проведенные исследования в средней зоне, которая лежит в пределах до 6...7 километров от телевизионного передающего центра, показали незначительное снижение уровня сигнала в местах со слабой застройкой и довольно большого его снижения в местах с плотной застройкой. Особенно сильно это проявляется в случаях использования слабонаправленных антенн – симметричного вибратора и круглой рамки. В этих случаях уровень сигнала снижался до 40%. Наблюдалась нестабильность принимаемого сигнала, когда прием прекращался совсем.

Использование направленных антенн (логопериодической и антенной решетки) позволяет получать уровень сигнала, достаточный для стабильной работы тюнера.

В некоторых точках с плотной застройкой и большим количеством окружающих объектов уверенный прием (с уровнем сигнала до 78%) возможен на слабонаправленную антенну типа круглая рамка.

Проведенные исследования в дальней зоне (7 км и выше) показали, что прием ухудшается даже при использовании направленных антенн в условиях слабой застройки и открытой местности. Уровень сигнала в таких точках в самом лучшем случае достигал 84%. Такое значение было получено при использовании антенной решетки.

Применение слабонаправленных антенн в самом лучшем случае давало уровень сигнала, равный 70%.

Таким образом, следует, что на больших расстояниях от передающих антенн необходимо обеспечить прямую видимость между ними и приемной антенной, какими бы направленными свойствами они не обладали. Прием за счет переотраженных волн возможен, но он крайне нестабилен.

Значительно ухудшается обстановка в условиях плотной застройки. Во многих контрольных точках прием отсутствовал, сигнал пропадал, в некоторых случаях это происходило даже несмотря на использование направленных антенн.

Применение же простых слабонаправленных антенн вообще является недопустимым, так как в этом случае прием возможен лишь при случайно сложившихся условиях интерференции радиоволн, и является крайне нестабильным.

Основными выводами проведенных исследований можно считать следующее:

- крайне разнообразные условия городской застройки и окружающего пространства на различных расстояниях и направлениях от передающего телевизионного центра требуют особого подхода к выбору приемных антенн и методов их установки (на высокие мачты, вынос за пределы квартир, и т.п.);

- необходимо проведение глубоких и тщательных исследований уровней поля в различных районах обслуживаемой территории, и на основе их результатов формулирование технических решений по обеспечению уверенного приема сигналов в проблемных зонах (например, используя репитеры);

- необходима оптимизация передающего и приемного оборудования, включая передающие и приемные антенны. Поскольку оптимизация передающих антенн крайне затруднительна и дорогостояща, следует сконцентрировать внимание на возможности улучшения качественных

показателей приемных антенн. Причем необходима четкая их дифференциация – в зонах уверенного приема использовать простые антенны, а в проблемных зонах – направленные, либо активные с собственными усилительными устройствами.

3.4. Моделирование приемных антенн цифрового телевидения

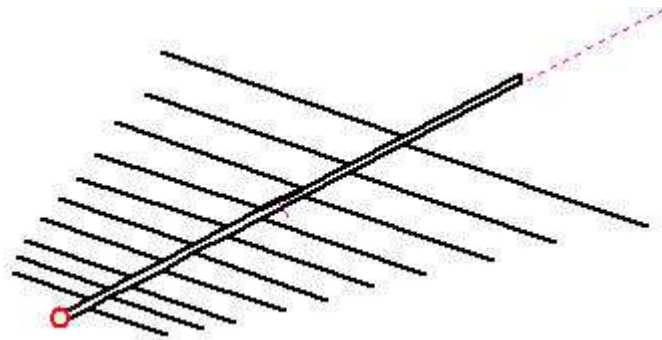
Логопериодическая антенна

Как было сказано выше, в комплект приемного оборудования, который предлагается приобрести абонентам цифрового телевидения, входит логопериодическая антенна. Антенна изготавливается на одном из ташкентских специализированных предприятий и представляет собой металлическую конструкцию, состоящую из двух несущих в виде полых трубок длиной 0,55 метра, на которые попарно установлены десять симметричных вибраторов длиной от 0,1 до 0,3 метра и диаметром 0,005 метра. Питание антенны стандартное – запитка производится с острой вершины с помощью коаксиальной линии. Другой конец антенны закорачивается металлической заглушкой.

Конструкция предусматривает закрепление антенны на мачте с помощью специальных хомутов. Антенна рассчитана и построена на диапазон 500...1500 МГц.

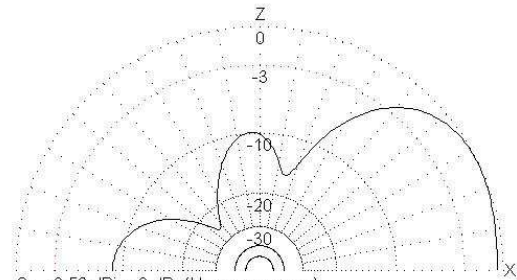
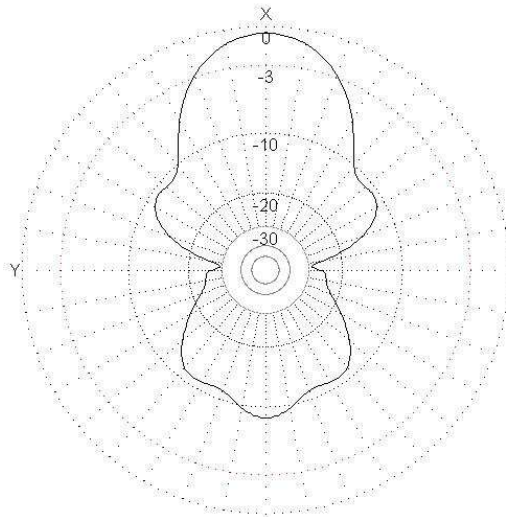
Мной была построена модель штатной логопериодической антенны и проведены исследование ее характеристик в полосе частот 636...648 МГц, т.е. в несколько большей полосе частот, чтобы получить результаты «с запасом» и определить, как меняются параметры антенны в этих пределах. Все исследования проводились в среде программы MMANA [19], позволяющей получать достоверные результаты, практически сопоставимые с реальными, т.е. полученными при проведении опытов с физическими макетами антенн.

На рис.3.5,а показана компьютерная модель логопериодической антенны, на рис.3.5,б приведены ДН антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях, на рис.3.5,в – ДН в трехмерном изображении.



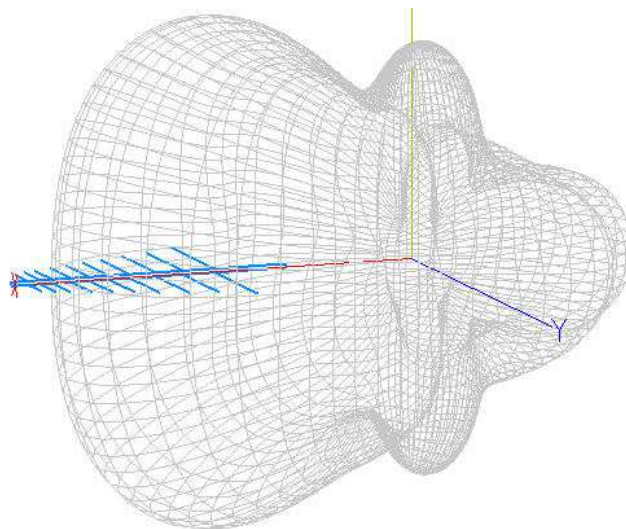
а)

☑ +90 dg



Ga : 8.52 dBi = 0 dB (H поляризация)
Gh : 6.37 dBd
F/B: 8.23 dB; Тыл: Азим. 120 гр. Элевация 60 гр
F: 642.000 МГц
Z: 86.131 - j5.639 Ом
КСВ: 1.2 (75.0 Ом),
Elev. гр.: 26.5 гр. (Свободное пространство)

б)



в)

Рис.3.5 Исследование логопериодической антенны: а – модель антенны,
б – ДН в вертикальной и горизонтальной плоскостях, в – ДН в 3D

На рис.3.6 приведены результаты моделирования. На рис.3.6,а приведена зависимость активной и реактивной составляющих входного сопротивления от частоты, на рис.3.6,б – зависимость коэффициента стоячей волны (КСВ) в питающем фидере от частоты, на рис.3.6,в – зависимость коэффициента усиления (КУ) и коэффициента защитного действия (КЗД) антенны от частоты.

Анализ результатов моделирования показывает следующее:

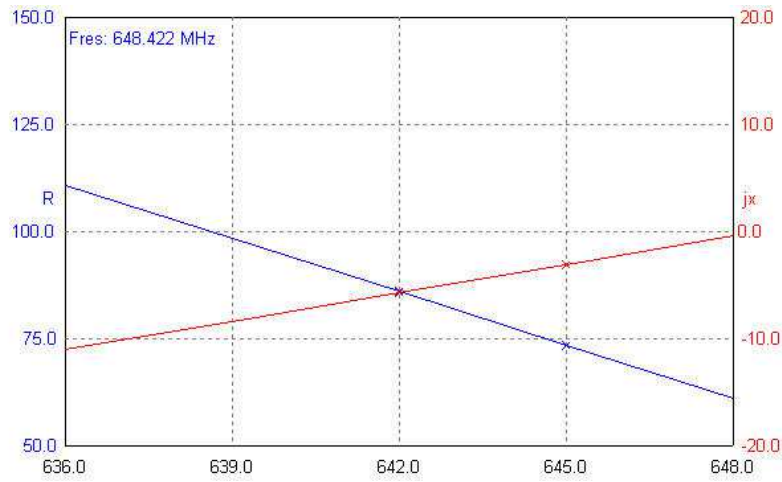
– активное сопротивление в полосе частот 636...648 МГц изменяется от 110 Ом до 60 Ом, а на средней частоте 642 МГц равно 85 Ом. Это говорит о том, что антенна имеет удовлетворительные характеристики с точки зрения согласования с питающим фидером, чье волновое сопротивление равно 75 Ом. Это приводит к потерям энергии в антенно-фидерном тракте и способствует ухудшению приема сигналов, особенно в местах с его низким уровнем, т.е. на больших расстояниях от передающего телевизионного центра.

– реактивное сопротивление меняется в полосе частот слабо и имеет малое значение: -12 Ом на частоте 636 МГц, почти ноль на частоте 648 МГц.

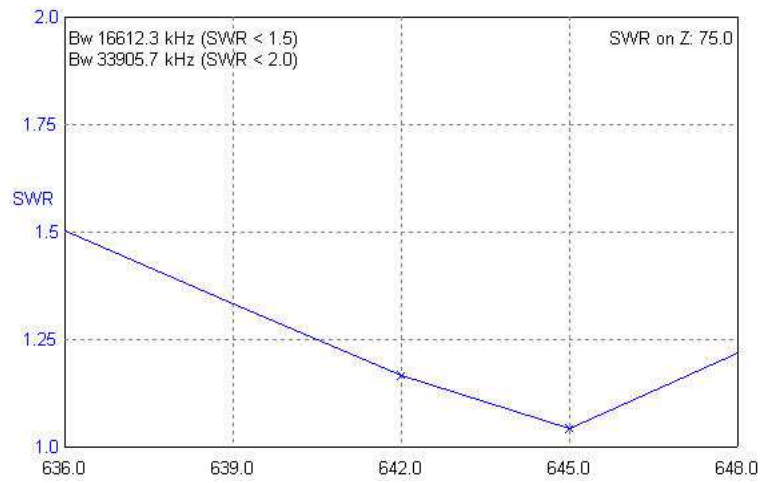
– значение КСВ в полосе частот изменяется в пределах от 1,5 (на частоте 636 МГц) до 1,2 (на частоте 648 МГц). На средней частоте КСВ равно 1,15. Такие результаты являются следствием изменения активной составляющей входного сопротивления антенны в полосе частот.

– КУ антенны в полосе частот изменяется от 8,25 дБ на частоте 636 МГц до 8,76 дБ на частоте 648 МГц, КЗД изменяется от 7 дБ на частоте 636 МГц до 9,4 дБ на частоте 648 МГц. Такие значения направленных свойств антенны говорят о том, что она обладает слабыми направленными свойствами и низким значением КЗД, что будет сильно сказываться при ее использовании на больших расстояниях от передающего центра. Применение этой антенны в таких условиях нельзя назвать целесообразным. Данную логопериодическую антенну можно рекомендовать использовать на

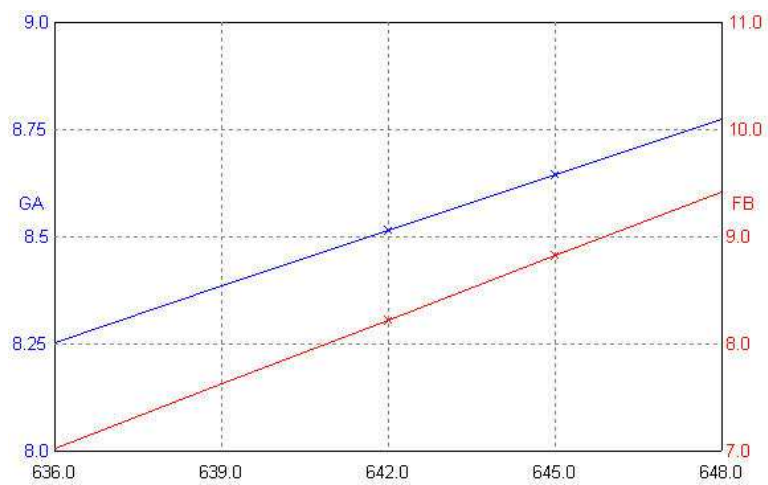
небольших расстояниях от предающего центра, либо на средних дистанциях при наличии прямой видимости между приемной и передающей антеннами.



a)



б)



B)

Рис.3.6 Результаты моделирования логопериодической антенны:

а – зависимость активного и реактивного входных сопротивлений от частоты,

б – КСВ в полосе частот, в – КУ и КЗД в полосе частот

Симметричный полуволновый вибратор

Далее были проведены моделирование и исследование полуволнового симметричного вибратора. Антенна представляет собой симметричный вибратор, длиной, равной половине средней длины волны (0,23 метра), плечи вибратора выполнены из алюминиевых трубок диаметром 0,005 метра. Питание вибратора осуществляется через согласующий и симметрирующий трансформатор, выполненный на двух ферритовых кольцах.

Такая антенна является наиболее простой из всех возможных вариантов для использования в составе приемного абонентского оборудования.

На рис.3.7,а показана компьютерная модель симметричного вибратора, на рис.3.7,б приведены ДН антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях, на рис.3.7,в – ДН в трехмерном изображении.

На рис.3.8 приведены результаты моделирования. На рис.3.8,а приведена зависимость активной и реактивной составляющих входного сопротивления от частоты, на рис.3.8,б – зависимость КСВ в питающем фидере от частоты, на рис.3.8,в – зависимость КУ и КЗД антенны от частоты.

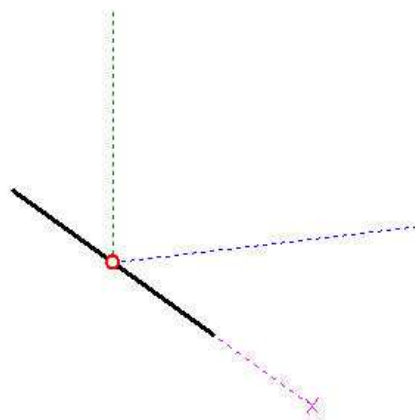
Анализ результатов моделирования показывает следующее:

– активное сопротивление в полосе частот 636...648 МГц изменяется от 78 Ом до 86 Ом, а на средней частоте 642 МГц равно 82,5 Ом. Таким образом, можно говорить о том, что полуволновый симметричный вибратор согласован с питающим фидером лучше, чем логопериодическая антенна.

– реактивное сопротивление меняется в полосе частот слабо и имеет небольшое значение: -2,5 Ом на частоте 636 МГц и 1,7 Ом на частоте 648 МГц.

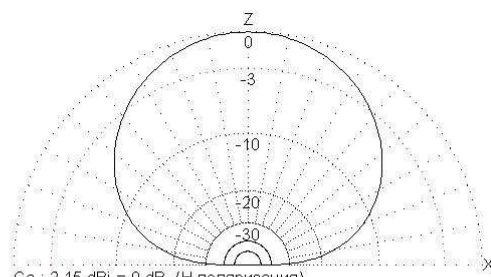
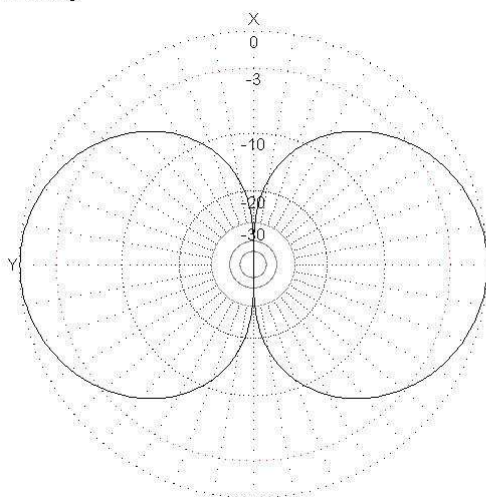
– значение КСВ в полосе частот изменяется в пределах от 1,07 (на частоте 636 МГц) до 1,15 (на частоте 648 МГц). На средней частоте КСВ

равно 1,11. Полученные результаты лучше, чем в случае логопериодической антенны.



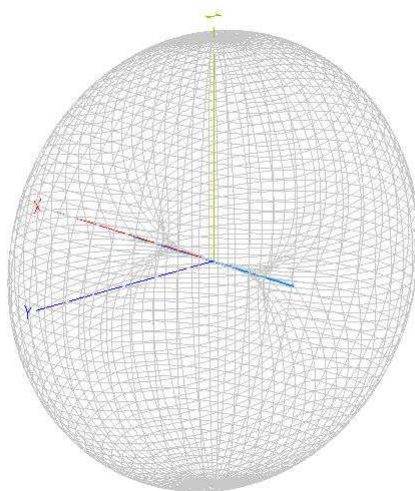
а)

+90 dg



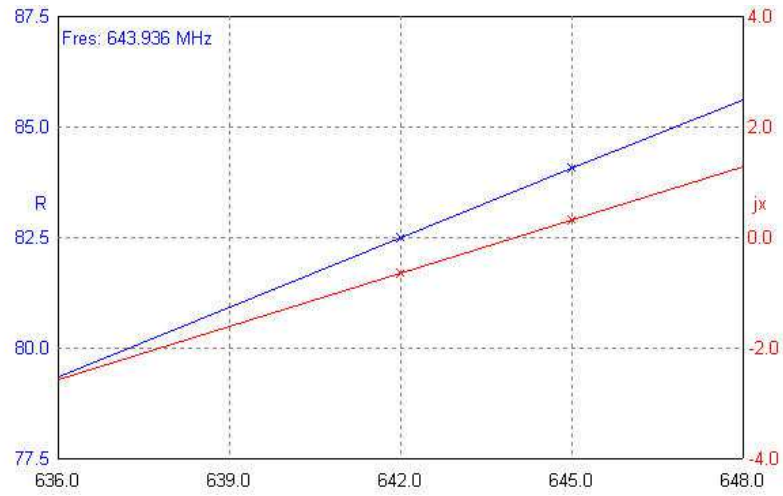
Ga : 2.15 dBi = 0 dB (H поляризация)
Gh : 0.0 dBd
F/B: -600.40 dB; Тыл: Азим. 120 гр, Элевация 60 гр
F: 642.000 МГц
Z: 82.507 - j0.621 Ом
КСВ: 1.1 (75.0 Ом),
Elev. гр.: 90.0 гр. (Свободное пространство)

б)

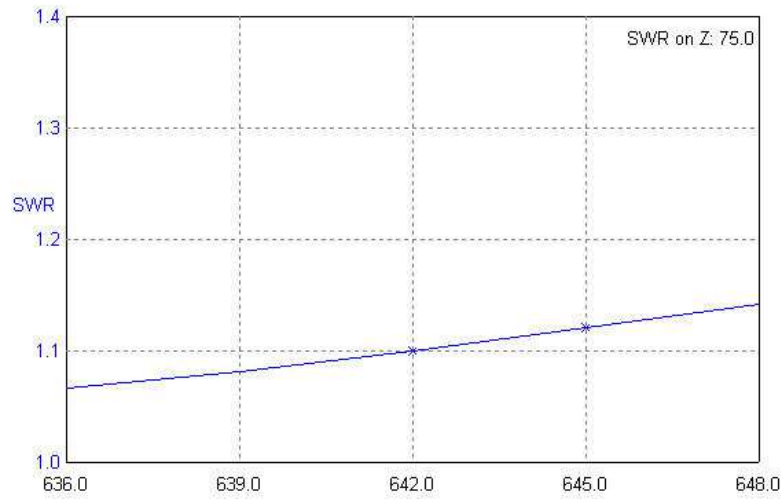


в)

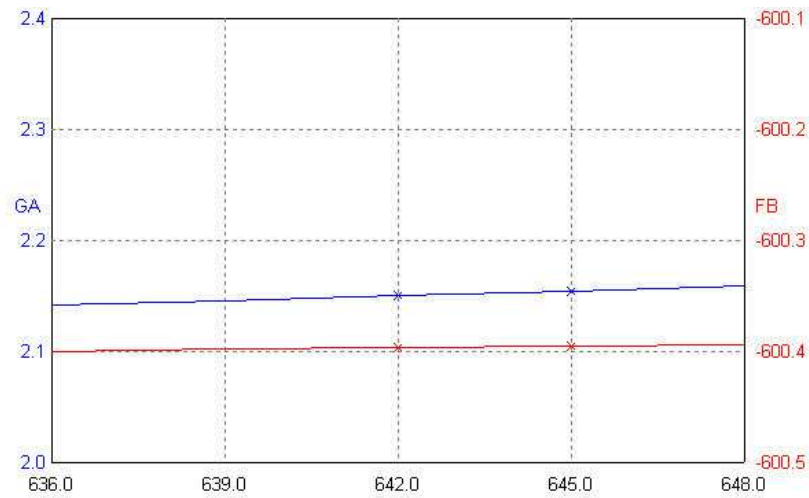
Рис.3.7 Исследование симметричного вибратора: а – модель антенны, б – ДН в горизонтальной и вертикальной плоскостях, в – ДН в 3D



а)



б)



в)

Рис.3.8 Результаты моделирования симметричного вибратора:

а – зависимость активного и реактивного входных сопротивлений от частоты,

б – КСВ в полосе частот, в – КУ и КЗД в полосе частот

– КУ антенны в полосе частот изменяется от 2,15 дБ на частоте 636 МГц до 2,17 дБ на частоте 648 МГц. Определять значение КЗД смысла не имеет, так как симметричный вибратор принимает сигнал как со стороны переднего полупространства, так и со стороны заднего полупространства, т.е. ДН симметричного вибратора имеет в горизонтальной плоскости форму восьмерки, а вертикальной плоскости у симметричного вибратора направленные свойства отсутствуют.

Исходя из полученных результатов моделирования, можно сказать, что полуволновый симметричный вибратор вполне возможно использовать в зонах уверенного приема сигналов цифрового телевидения, т.е. на очень небольших расстояниях от передающего центра. Это целесообразно, прежде всего, с экономической точки зрения – такая антенна очень простая и стоит дешево. Кроме того, ее легко эксплуатировать, устанавливая непосредственно возле тюнера, либо закрепляя в любом удобном месте для абонента.

Применение симметричного вибратора на больших расстояниях и в зонах неуверенного приема не позволит получать сигнал с уровнем, достаточным для устойчивой работы тюнера.

Круглая рамочная антенна

Далее были проведены моделирование и исследование круглой рамочной антенны. Антенна представляет собой круглую рамку, длиной, равной средней длине волны (0,47 метра), выполненной из изолированного провода диаметром 0,003 метра. Питание рамочной антенны осуществляется через согласующий и симметрирующий трансформатор, выполненный на одном ферритовом кольце.

Такая антенна также является очень простой в изготовлении и эксплуатации.

На рис.3.9,а показана компьютерная модель рамочной антенны, на рис.3.9,б приведены ДН антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях, на рис.3.9,в – ДН в трехмерном изображении.

На рис.3.10 приведены результаты моделирования. На рис.3.10,а приведена зависимость активной и реактивной составляющих входного сопротивления от частоты, на рис.3.10,б – зависимость КСВ в питающем фидере от частоты, на рис.3.10,в – зависимость КУ и КЗД антенны от частоты.

Анализ результатов моделирования показывает следующее:

– активное сопротивление в полосе частот 636...648 МГц изменяется от 93 Ом до 98 Ом, а на средней частоте 642 МГц равно 95,5 Ом. Исходя из этого, следует, что рамочная антенна при подключении к ней коаксиального фидера с волновым сопротивлением, равным 75 Ом, требует применения специального согласующего трансформатора. Рамочная антенна, у которой общая длина рамки равна средней длине рабочей волны, обладает плохими электрическими свойствами. Однако в этом режиме возможно формирование ДН, удовлетворяющей условиям направленного приема.

– реактивное сопротивление меняется в полосе частот слабо и имеет большое значение емкостного характера: - 162 Ом на частоте 636 МГц и - 140 Ом на частоте 648 МГц. Это еще один недостаток рамочной антенны, работающей в данном режиме.

– значение КСВ в полосе частот изменяется в пределах от 5,6 (на частоте 636 МГц) до 4,5 (на частоте 648 МГц). На средней частоте КСВ равно 5,01. Здесь следует отметить, что моделирование проводилось без учета наличия согласующего трансформатора. Его применение позволит согласовать собственное большое сопротивление рамки с волновым сопротивлением питающего коаксиального фидера, что снизит величину КСВ до приемлемых значений.

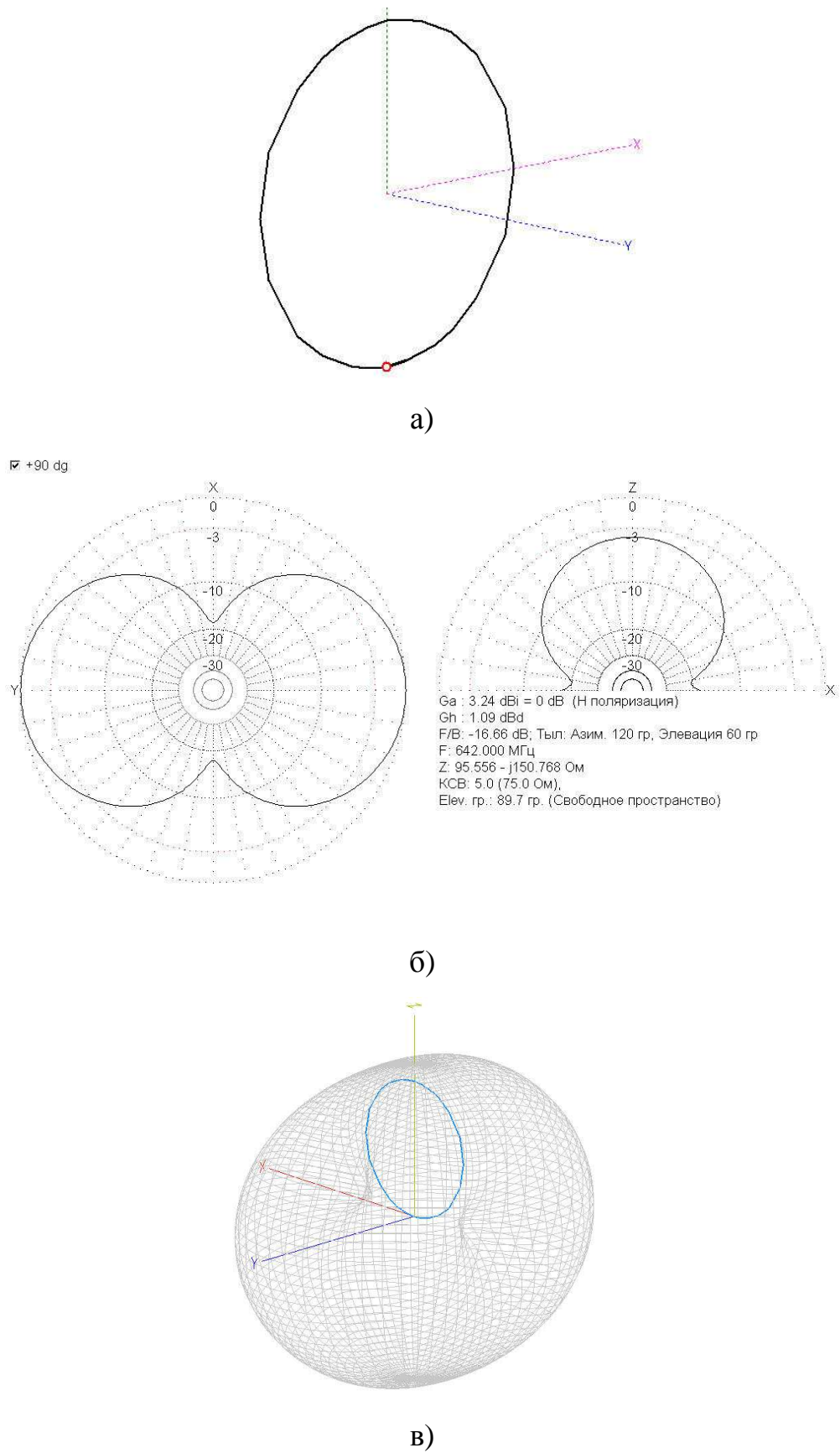
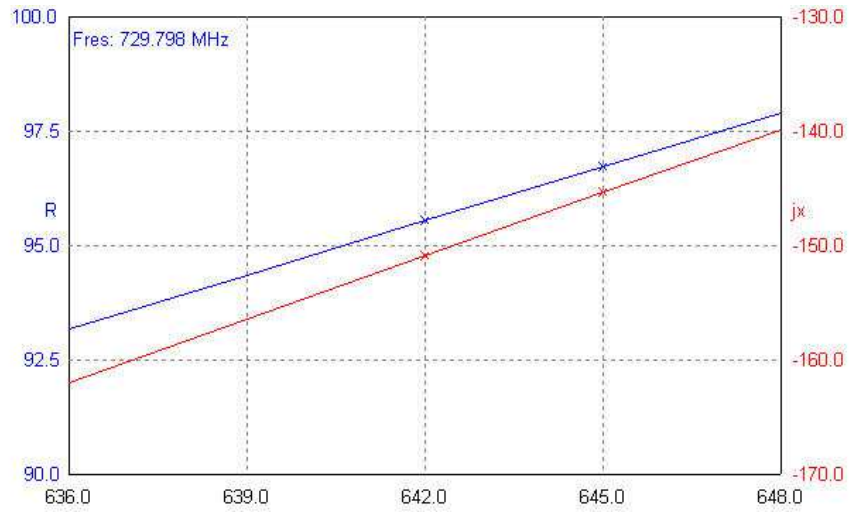
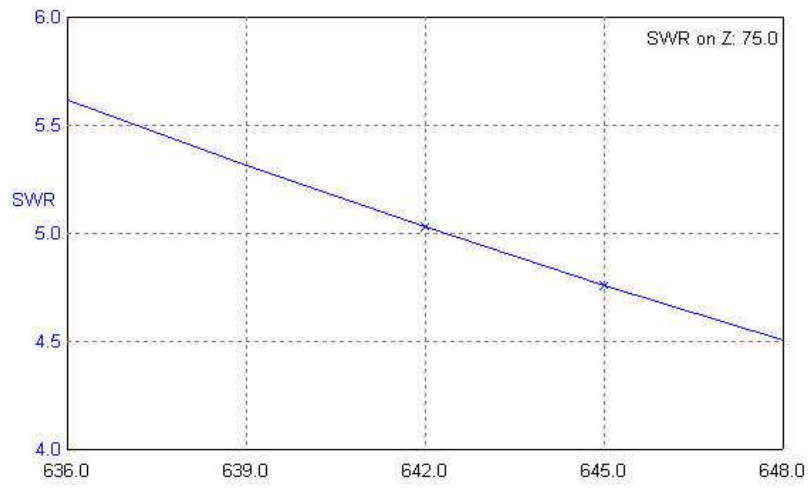


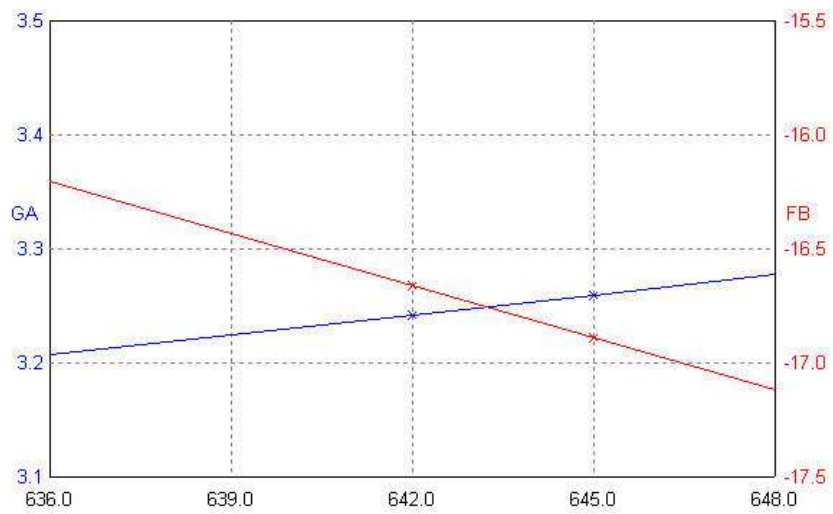
Рис.3.9 Исследование круглой рамочной антенны: а – модель антенны, б – ДН в горизонтальной и вертикальной плоскостях, в – ДН в 3D



a)



b)



B)

Рис.3.10 Результаты моделирования круглой рамочной антенны:

а – зависимость активного и реактивного входных сопротивлений от частоты,

б – КСВ в полосе частот, в – КУ и КЗД в полосе частот

– КУ антенны в полосе частот изменяется от 3,22 дБ на частоте 636 МГц до 3,28 дБ на частоте 648 МГц. Определение КЗД в данном случае тоже не имеет смысла, потому что рамочная антенна, также как и симметричный вибратор, принимает сигнал как со стороны переднего полупространства, так и со стороны заднего полупространства, т.е. ее ДН имеет в горизонтальной плоскости форму восьмерки, а вертикальной плоскости – почти правильную окружность. (Важное примечание: на приведенных графиках результатов моделирования КЗД имеет некоторую конечную величину. Это связано с тем, что модель антенны была сориентирована в пространстве таким образом, что она имеет преимущественное направление излучения, хотя по факту такого быть не может).

Исходя из полученных результатов моделирования, можно сделать вывод о том, что круглая рамочная антенна также может быть использована в составе абонентского оборудования, но только в зонах уверенного приема - на малой удаленности от передающего центра. Такая антенна проста, легка в изготовлении и эксплуатации, мала в размерах, удобна при установке внутри комнаты, где располагается тюнер и телевизор.

Использование рамочной антенны на больших расстояниях от передающего телевизионного центра и в зонах неуверенного приема не даст положительного результата.

Четырехэлементная плоская антенная решетка с рефлектором

После анализа проблем, возникающих при приеме сигналов цифрового телевидения в Ташкенте, особенно в условиях теневых зон и большого расстояния от передающего центра, было принято решение использовать в качестве приемной антенны плоскую антенную решетку. Для этого была

разработана решетка, состоящая из четырех симметричных вибраторов, расположенных попарно, и размещенных на плоской основе, одновременно выполняющей роль рефлектора. Вибраторы имели длину, равную половине средней рабочей длины волны, были выполнены из алюминиевых проводников с диаметром 0,008 метра. Рефлектор представляет собой квадратную металлическую сетку, с размером ячейки 0,01 метра, длина стороны квадрата равна 0,6 метра. Он отстоит от полотна вибраторов на расстоянии 0,12 метра (четверть средней рабочей длины волны). Вибраторы возбуждаются синфазно, т.е. все элементы подключены к питающему фидеру параллельно с использованием согласующего трансформатора, выполненного на ферритовом кольце.

Таким образом, была предпринята попытка оптимизации условий приема сигналов цифрового телевидения, используя направленную антенну, которой является плоская антенная решетка. Результаты исследований, проведенных с помощью данной антенны, приведены в параграфе 3.3.

Далее приводятся результаты моделирования плоской антенной решетки.

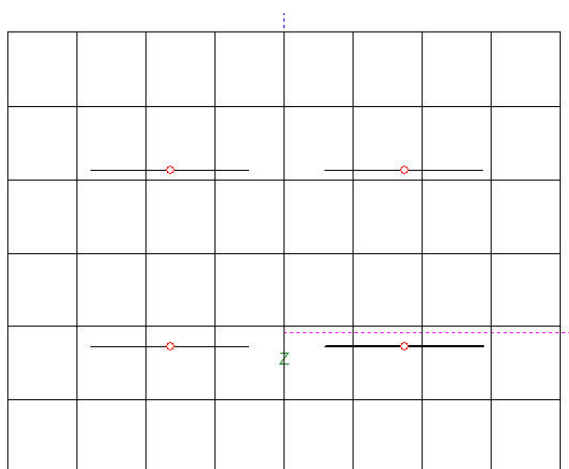
На рис.3.11,а показана компьютерная модель плоской четырехэлементной решетки, на рис.3.11,б приведены ДН антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях, на рис.3.11,в – ДН в трехмерном изображении.

На рис.3.12 приведены результаты моделирования. На рис.3.12,а приведена зависимость активной и реактивной составляющих входного сопротивления решетки от частоты, на рис.3.12,б – зависимость КСВ в питающем фидере от частоты, на рис.3.12,в – зависимость КУ и КЗД антенны от частоты.

Анализ результатов моделирования показывает следующее:

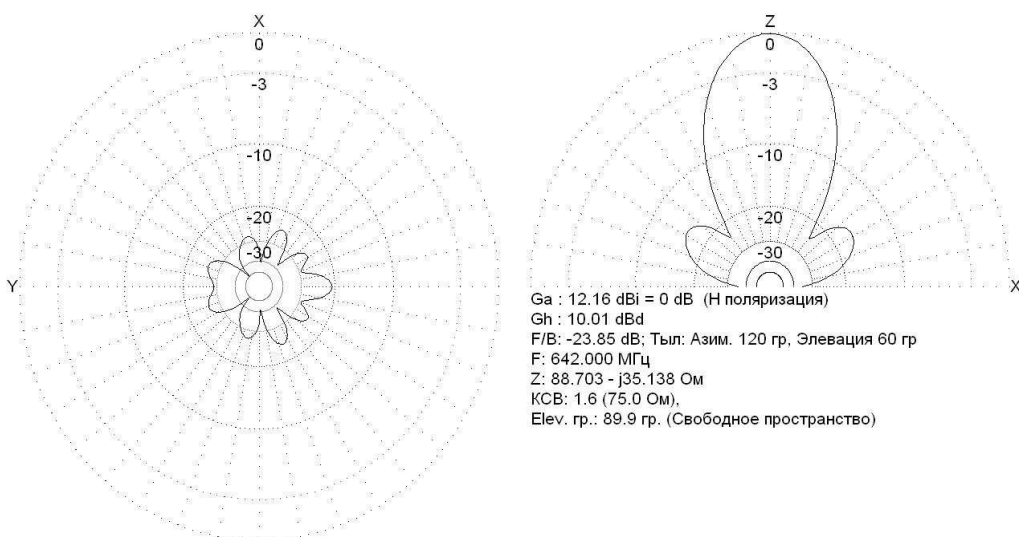
– активное сопротивление решетки в полосе частот 636...648 МГц изменяется от 90 Ом до 87,5 Ом, а на средней частоте 642 МГц равно 88,5 Ом. Таким образом, для согласования решетки с питающим фидером

обязателен согласующий трансформатор, что и было сделано при построении реального физического макета антенны.

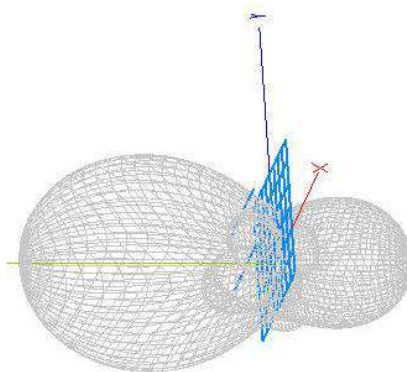


а)

φ +90 deg

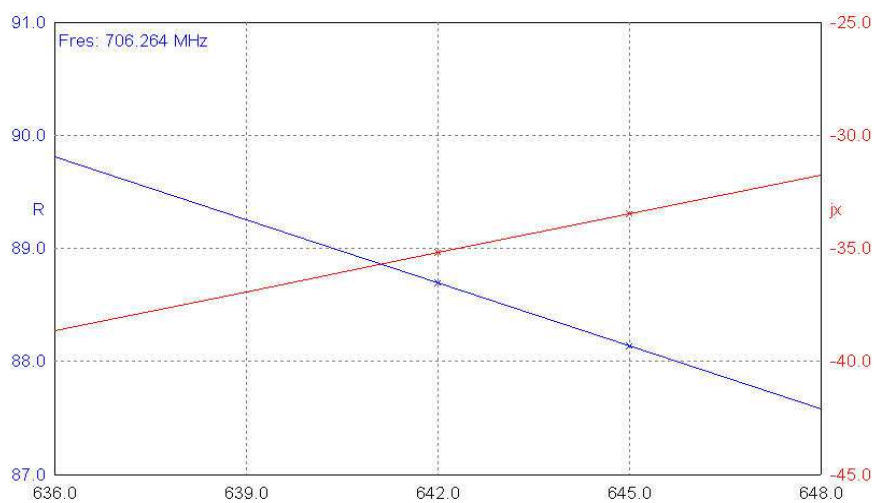


б)

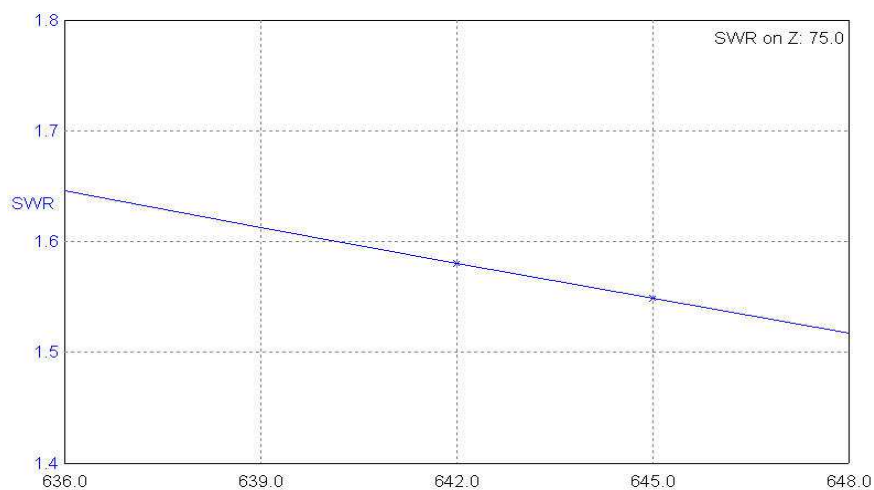


в)

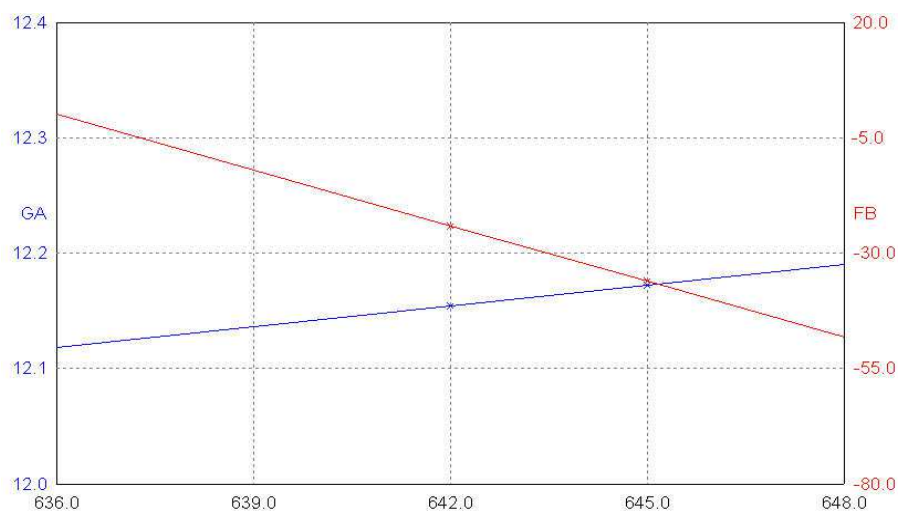
Рис.3.11 Исследование плоской антенной решетки: а – модель антенны, б – ДН в вертикальной и горизонтальной плоскостях, в – ДН в 3D



а)



б)



в)

Рис.3.12 Результаты моделирования плоской решетки:

а – зависимость активного и реактивного входных сопротивлений от частоты,

б – КСВ в полосе частот, в – КУ и КЗД в полосе частот

– реактивное сопротивление в полосе частот меняется от - 38 Ом на частоте 636 МГц до - 32 Ом на частоте 648 МГц. Т.е. имеется стабильность значений реактивного сопротивления решетки в полосе частот.

– значение КСВ в полосе частот изменяется в пределах от 1,65 (на частоте 636 МГц) до 1,52 (на частоте 648 МГц). На средней частоте КСВ равно 1,58. Такое небольшое изменение также говорит о положительных характеристиках антенной решетки.

– КУ антенны в полосе частот изменяется от 12,12 дБ на частоте 636 МГц до 12,18 дБ на частоте 648 МГц. КЗД в полосе частот изменяется от 3 дБ до 45 дБ, на средней частоте КЗД равен 25дБ. Таким образом, можно говорить о том, что данная плоская антенная решетка имеет высокие направленные свойства (по сравнению с другими рассмотренными антеннами), обладает явно выраженными однонаправленными свойствами.

Главные выводы по результатам моделирования

Для удобства сравнения и анализа полученных результатов, а также для формулирования выводов по ним, все основные полученные характеристики (для средней рабочей частоты) сведены в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 Сводные данные параметров исследуемых антенн

Тип антенны	$R_{вх}$, Ом	КСВ	КУ, дБ	КЗД, дБ
Логопериодическая	85	1,15	8,52	8,23
Симметричный вибратор	82,5	1,11	2,15	-
Круглая рамка	95,5	5,01	3,24	-
Плоская решетка	88,5	1,58	12,16	23,85

Итак, можно сказать следующее:

- наиболее направленной антенной из всех является плоская антенная решетка;

- наиболее согласованной антенной с питающим коаксиальным фидером является симметричный вибратор;

- наиболее простыми антеннами с конструктивной точки зрения являются симметричный вибратор и круглая рамка;

- наиболее громоздкой и сложной из всех антенн является логопериодическая антенна.

Таким образом, на мой взгляд (опираясь на результаты моделирования), использование логопериодической антенны в данных условиях, когда задействован диапазон частот 638...646 МГц, является не совсем оптимальным вариантом.

Применение простых антенн типа симметричного вибратора и круглой рамки вполне обосновано как с экономической точки зрения, так и с точки зрения обеспечения приема при условии, что абонент находится на небольшом расстоянии от передающего телевизионного центра и вне теневых зон.

Применение направленных антенн типа плоских мало- и многоэлементных решеток вполне обосновано на средних и больших расстояниях от передающего телевизионного центра, кроме того, оно также возможно даже при отсутствии прямой видимости, используя для приема отраженную волну с наибольшим значением уровня сигнала.

Использование всех рассмотренных антенн не исключает некоторой их подстройки в процессе приема сигналов от передающего телевизионного центра, даже в условиях уверенного приема. Это связано со многими факторами, которые будут указаны в заключительной части данной магистерской диссертации.

Необходимо дальнейшая работа по изучению и оптимизации приема сигналов цифрового телевидения, как в Ташкенте, так и в других крупных городах Узбекистана. На основе полученных результатов исследований необходимо проводить оптимизацию приемного оборудования, и особенно приемных антенн, входящих в его состав.

3.5. Выводы по результатам проведенных исследований и моделирования

В рамках данной магистерской диссертации проводились исследования уровней принимаемого сигнала на различных расстояниях и направлениях от передающего телевизионного центра, в местах разной плотностью застройки и различных окружающих объектов (деревьев, гаражей и т.п.).

Эксперименты в ближней зоне показали, что наличие проблемных особенностей окружающей местности, отсутствие прямой видимости между передающей и приемной антеннами крайне слабо влияли на уровень сигнала и качество приема телевизионных сигналов.

Как показали результаты экспериментов, в этой зоне использование штатной логопериодической антенны не является необходимым условием для уверенного приема сигналов цифрового телевидения. Исходя из этого, можно утверждать, что данную антенну можно заменить на более дешевую и простую, так как уровень сигнала в ближней зоне большой.

Дальнейшее отдаление от передающего телевизионного центра показало, что в средней зоне, особенно в районах с плотной многоэтажной застройкой, возникает ухудшение приема, вплоть до полного пропадания сигнала. В таких местах требуется устанавливать приемные антенны на мачты или крыши, таким образом, чтобы, по возможности, обеспечить прямую видимость с передающими антеннами. При этих условиях еще возможно использование слабонаправленных простых вибраторных антенн.

Еще большее отдаление от передающих антенн и переход в дальнюю зону сопровождается резким ухудшением приема. Крайне сильно это сказывается в теневых зонах, с высокой плотностью застройки и наличием большого количества экранирующих объектов, например, высотных железобетонных зданий, либо зданий, оформленных алубондом. Кроме того, крайне проблематичен прием сигнала в местах естественных впадин или в холмистой местности, которых в Ташкенте имеется достаточно много.

Выбор приемных антенн и места их установки в большой степени может помочь в решении указанных проблем, причем с наименьшими финансовыми затратами. Исходя из этого, следует очень тщательно подходить к разработке приемных антенн, с параметрами, способных удовлетворить пользователей цифрового телевидения как в зонах уверенного приема, так и в проблемных зонах.

Выводы

В третьей главе приведены результаты исследований уровня сигналов цифрового телевидения, проведенных в различных точках, на различных расстояниях и направлениях от передающего телевизионного центра, с несколькими типами приемных антенн. Формулируются выводы по результатам исследований. Проводится компьютерное моделирование исследуемых антенн, формулируются выводы по его результатам. Предлагаются методы оптимизации приемных антенн и, собственно, приема сигналов цифрового эфирного телевидения в Ташкенте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пределах данной магистерской диссертации были рассмотрены вопросы построения системы цифрового эфирного телевидения стандарта DVB-T. Уже почти несколько лет в Республике Узбекистан ведется целенаправленная работа по переходу на цифровые стандарты телевидения. В данный момент полным ходом идет обеспечение населения Ташкента и Бухары оборудованием для приема цифрового телевидения. Через несколько лет планируется завершить эту работу.

Однако для обеспечения всех без исключения пользователей высококачественными услугами необходимо крайне скрупулезно изучить особенности распространения сигналов в различных условиях, обозначить и решить многие проблемы, возникающие при организации цифрового телевидения, вести постоянный мониторинг уровня поля в точках приема [20].

В данной работе проводились исследования уровней сигнала в различных зонах вокруг передающего телевизионного центра, с малой и высокой плотностью застройки, несколькими типами приемных антенн. Исследования проводились во всем углом сектора вокруг передающего телецентра, что является положительной стороной данной работы. Таким образом, была набрана статистика, анализируя которую можно сделать выводы об особенностях приема при различных условиях и с различными типами антенн.

Далее было проведено компьютерное моделирование использованных при измерениях четырех видах антенн, с получением их направленных и электрических характеристик.

На основе полученных результатов были сформулированы предложения по оптимизации приемных антенн для улучшения качества работы абонентского оборудования.

К сожалению, ввиду отсутствия дорогостоящего измерительного оборудования, все исследования проводились с помощью тюнера, предлагаемого в настоящее время пользователям цифрового телевидения.

Это, несомненно, сказалось на точности полученных результатов. Но ценность данной работы заключается в том, что предпринята попытка исследования той ситуации, которая сложилась в настоящее время вокруг Ташкентского телевизионного передающего центра, с точки зрения деления всего пространства вокруг него на зоны и подхода к выбору приемных антенн – не универсальных, одинаковых для всех зон, а определенных для той или иной зоны.

Результаты данной работы крайне интересны и могут быть использованы при написании диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.aci.uz/ru/news/uzaci/article/818/>
2. <http://infocom.uz/2010/12/25/perspektivyirazvitiya-tsifrovogoteleradioveschaniya/>
3. <http://www.mtrk.uz/news/info/company/1885/>
4. <http://www.crrt.uz/>
5. Карякин В.Л. Цифровое телевидение. – М.: СОЛОН-Пресс, 2008.
6. Зубарев Ю. Б., Кривошеев М. И., Красносельский И. Н. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы. – М: Научно-исследовательский институт радио, 2001.
7. Локшин М. Г. Как организовать прием цифрового ТВ населением? Ч.1//Broadcasting. Телевидение и радиовещание. 2008, № 8. С. 30-33.
8. Локшин М. Г. Как организовать прием цифрового ТВ населением? Ч.2//Broadcasting. Телевидение и радиовещание. 2009, № 1.С. 30-31.
9. Казаниский Л.С., Романов В.А. Антенно-фидерные устройства дециметрового диапазона и электромагнитная экология. – М.: Радио и связь, 1996.
10. Документация, предоставленная компанией Kathrein, для ТашРТПЦ.
11. Ерохин Г.А., Чернышев О.В., Козырев Н.Д., Кочержевский В.Г. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. – М.: Радио и связь, 1996.
12. <http://antennaspb.ru/content/view/118/52/>
13. <http://www.vsptel.ru/catalog/antenn/CF/1/3518/>
14. <http://westsat.com.ua/showthread.php?t=1515>
15. <http://uforum.uz/>
16. <http://www.tforum.uz/>
17. <http://www.uzsat.net/>
18. <http://www.google.com/earth/index.html>

19. Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ. Компьютерное моделирование. ММАНА. - М.: ИП Радиософт, журнал «Радио», 2004.
20. <http://www.telesputnik.ru/archive/pdf/179/14.pdf>