

МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

*На правах рукописи*

УДК 621.396.P558

ТИГАЙ ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Исследование влияния поляризационных характеристик антенн на прием  
цифрового телевидения

5A350101 – Телекоммуникационный инжиниринг

Диссертация на соискание академической степени магистра

Работа рассмотрена  
и допускается к защите  
Зав. каф. СТРВ  
Соатов Х.С.

Научный руководитель:  
к.т.н. доцент Губенко В.А.

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Ташкент 2015

МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

Факультет ТТ  
Кафедра СТРВ  
Учебный год 2013/2015

Магистрант Тигай П.А.  
Научный руководитель Губенко В.А.  
Специальность 5А350101 –  
Телекоммуникационный инжиниринг

**АННОТАЦИЯ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

Магистерская диссертация посвящена актуальной задаче исследованию влияния поляризационных характеристик антенн на прием цифрового телевидения.

В диссертации проводятся исследования поляризационных характеристик антенн и их влияния на качество приема сигналов цифрового телевидения в Ташкенте.

В работе приводятся результаты измерений уровней поля, проведенные специалистами Государственного Унитарного Предприятия «Центр электромагнитной совместимости» и Государственного Унитарного Предприятия «Центр радиосвязи, радиовещания и телевидения» в пределах зоны покрытия цифровыми телевизионными сигналами, вещаемыми антенным комплексом ТашРТТЦ, собственные исследования поляризационных характеристик приемных антенн абонентского терминала цифрового телевидения, проведенные в различных районах Ташкента.

Результаты исследований обсуждались на семинарах кафедры «Системы телерадиовещания» и на научно-технических конференциях.

Научный руководитель \_\_\_\_\_

Магистрант \_\_\_\_\_

MINISTRY FOR DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES  
AND COMMUNICATIONS OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

Faculty TT  
Department TRBS  
Academic year 2013/2015

Student Tigay P.A.  
Supervisor of studies Gubenko V.A.  
Speciality 5A350101  
Telecommunication engineering

**SUMMARY OF MASTER DISSERTATION**

Master's thesis devoted to the urgent problem of studying the influence of the polarization characteristics of antennas to receive digital television.

The thesis studies are polarization characteristics of antennas and their impact on the quality of reception of digital television signals in Tashkent.

The paper presents the results of measurements of the field, carried out by specialists of State Unitary Enterprise "Centre of electromagnetic compatibility" and State Unitary Enterprise "Centre of Radio communication Broadcasting and Television" within the coverage area of digital television signals broadcasting antenna complex TashCBRT, own research of the polarization characteristics of receiving antennas digital TV subscriber terminal held at various regions in Tashkent.

The research results were discussed at a seminar of the Department "Systems of TV and radio broadcasting" and scientific and technical conferences.

Supervisor of studies \_\_\_\_\_

Student \_\_\_\_\_

## Содержание

<b>Введение</b> .....	<b>5</b>
<b>Глава I. Особенности цифрового телевидения</b> .....	<b>8</b>
1.1. Цели и задачи цифрового телевидения .....	8
1.2. Особенности наземного цифрового эфирного телевидения .....	10
1.3. Особенности цифрового спутникового телевидения .....	16
1.4. Особенности кабельного цифрового телевидения.....	19
<b>Выводы к главе I</b> .....	<b>24</b>
<b>Глава II. Формирование цифровых телевизионных потоков и их трансляция по эфирным каналам</b> .....	<b>25</b>
2.1. Общие принципы формирования телевизионных потоков .....	25
2.2. Передающее телевизионное оборудование.....	32
2.3. Особенности распространения цифровых телевизионных сигналов .....	38
<b>Выводы к главе II</b> .....	<b>41</b>
<b>Глава III. Исследование влияния вида поляризации антенн на качество приема цифрового телевидения</b> .....	<b>42</b>
3.1. Оборудование для приема спутникового и наземного эфирного цифрового телевидения .....	42
3.2. Поляризационные свойства передающих и приемных телевизионных антенн. Проблемы приема сигналов наземного эфирного цифрового телевидения.....	47
3.3. Исследование влияния вида поляризации приемных антенн на качество приема сигналов наземного эфирного цифрового телевидения .....	52
<b>Выводы к главе III</b> .....	<b>70</b>
<b>Заключение</b> .....	<b>73</b>
<b>Список литературы</b> .....	<b>74</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Республике Узбекистан продолжают работы по развитию сети цифрового телевидения. Переход от аналогового к цифровому телевидению вызван теми преимуществами, которыми обладает цифровое телевидение.

В своем докладе Президент Республики Узбекистан Ислам Каримов на заседании Кабинета Министров «Основные итоги социально – экономического развития в 2014 году и приоритетные направления экономической программы на 2015 год» отметил, что особое внимание должно быть обращено на реализацию комплексной программы развития Национальной информационно-коммуникационной системы Республики Узбекистан на период 2013-2020 годов. Следует продолжить работы по дальнейшему увеличению технических возможностей доступа в сеть Интернет, расширению оптических сетей широкополосного доступа и строительству оптоволоконных линий связи, завершить перевод всех регионов, включая труднодоступные районы, на цифровое телевидение.

Постановлением Президента Республики Узбекистан от 17 апреля 2012 года № ПП-1741 утверждена государственная программа по техническому и технологическому переходу на цифровое телевидение в Республике Узбекистан и Постановлением Президента Республики Узбекистан от 3 апреля 2014 года № ПП-2157 «О мерах по привлечению льготного кредита Японского банка международного сотрудничества и коммерческих банков Японии для развития сети наземного цифрового телевидения Республики Узбекистан» определены два этапа:

- первый этап – 2015 – 2016 годы – установка 84 комплектов цифровых телепередатчиков и увеличение охвата цифровым телевидением до 99 % территории Республики Узбекистан.

- второй этап – 2016 – 2017 годы – установка 404 маломощных станций в удаленных и труднодоступных регионах Республики Узбекистан и увеличение охвата цифровым телевидением до 100% [1].

Уже сегодня цифровое телевидение (ЦТВ) могут смотреть жители 54,4% Республики Узбекистан, включая Ташкент и большинства районов Ташкентской, Самаркандской, Хорезмской, Бухарской, Андижанской, Наманганской, Ферганской, Навоийской, Кашкадарьинской областей, а также Республики Каракалпакстан.

**Обоснование темы диссертации и актуальность.** Реализация Государственной программы развития ЦТВ обеспечит достижение максимально возможного охвата населения нашей республики надежным, качественным, многопрограммным телевидением, предоставление информационных услуг с помощью современных телекоммуникационных средств и технологий вещания.

Последние достижения в области цифрового телевизионного вещания резко меняют ход развития отрасли телекоммуникаций. Технические критерии оценки телевизионного вещания (количество программ и их качество) дополняются новыми пользовательскими возможностями - интерактивностью и многофункциональностью.

**Объект и предмет исследования.** В данной магистерской диссертации объектом и предметом исследований являются приемные антенны абонентского оборудования ЦТВ и их поляризационные характеристики.

**Цели и задачи исследования.** Целью является повышение качества работы системы ЦТВ. Задачей является выявление закономерностей устойчивости и качества приема сигналов ЦТВ от вида поляризации радиоволн в месте приема и ориентации в пространстве приемной антенны.

**Научная новизна.** Новизна данной магистерской диссертации заключается в подходе к решению задачи исследований влияния поляризационных характеристик антенн на прием ЦТВ.

**Обзор (анализ) литературы по теме исследования.** Информация для магистерской диссертации была взята из печатных и электронных источников (Интернет сайтов, печатных и электронных монографий и учебников). Также позаимствованы результаты измерений, которые были проведены специалистами Государственного Унитарного Предприятия «Центр электромагнитной совместимости» и Государственного Унитарного Предприятия «Центр радиосвязи, радиовещания и телевидения» в соответствии с Государственным стандартом O'zDSt 2126:2013 «Зона уверенного приема наземного цифрового телевизионного вещания. Методы измерения».

**Характеристика методик, примененных в исследовании.** Исследования проводились в нескольких районах Ташкента с помощью приемной логопериодической антенны, цифрового тюнера от компании UzDigital TV и телевизора. Оборудование размещалось в городских квартирах, в жилых комнатах.

Места исследований были выбраны вокруг Ташкентской телевизионной башни, где размещены передающие антенны, таким образом, чтобы охватить все возможные расположения потенциальных абонентов ЦТВ.

**Теоретические и практические значения результатов исследований.** Полученные результаты позволяют сделать вывод о влиянии ориентации приемной антенны, в пространстве относительно подстилающей поверхности на уровень принимаемого сигнала ЦТВ. В свою очередь это позволяет сформулировать рекомендации по использованию приемных антенн в зависимости от условий приема и местоположения абонентского оборудования.

**Структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы.

# ГЛАВА I. ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВЕЩАНИЯ

## 1.1. Цели и задачи цифрового телевидения

Внедрение в системы цифрового телевизионного вещания связано с необходимостью более полного удовлетворения населения информационными ресурсами посредством реформирования сети ТВ вещания в современную устойчиво функционирующую и обладающую потенциалом саморазвития в рыночных условиях отрасль экономики.

Задача перехода на цифровое вещание должна решаться в комплексе: все звенья цепи прохождения сигнала от вещателя до пользователя должны работать в цифровом формате.

Одной из основных задач данного процесса является устранение диспропорции в охвате населения многопрограммным ТВ вещанием и обеспечение гарантированного равноправного доступа всего населения страны к информационным ресурсам.

Данный подход также обеспечит более эффективное использование радиочастотного ресурса, увеличение числа транслируемых в эфире программ, введение интерактивного вещания, оказание дополнительных услуг населению. Главный аргумент сторонников ЦТВ — качество изображения. Цифровая обработка изображения в процессе передачи и приема позволяет достичь гораздо более высокого качества, чем в случае аналогового телевидения.

Разработано и действует в мире несколько стандартов ЦТВ. В нашей стране был принят стандарт DVB-T и его следующее поколение DVB-T2.

В настоящее время цифровое телевидение ведется во многих регионах нашей республики. До конца 2015 планируется еще больше расширить зону покрытия цифровым телевидением и охватить максимально возможную часть населения Узбекистана.

Важнейшим фактором, который определяет эффективность работы ЦТВ, 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. Это дает возможность обеспечить наибольший радиус покрытия сигналами ЦТВ, от 34 до 78 км километров от передающего телецентра.

В настоящее время цифровое технологическое оборудование, смонтированное на Ташкентской телебашне, позволяет обеспечить следующее:

1. Формирование четырех цифровых пакетов телевизионных программ, включая один цифровой пакет из 12 государственных телепрограмм для дальнейшей трансляции по каналам цифровой транспортной сети филиала «Телекоммуникация Транспорт Тармоғи» АК «Узбектелеком» по всей Республике Узбекистан с доведением его до каждой радиотелевизионной станции Государственного унитарного предприятия «Центр радиосвязи, радиовещания и телевидения»;

2. Эфирная трансляция в стандарте наземного цифрового телевидения DVB - T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial – Наземная цифровая видеопередача) более 45 телепрограмм в г. Ташкент, Ташкентской и частично Сырдарьинской областях соответственно на 42 телевизионном канале (ТВК), 41 ТВК, 37 ТВК и 31 ТВК, при этом используется сжатие передаваемого видеосигнала в формате MPEG-4 (Moving Picture Experts Group - группа экспертов по кодированию движущихся изображений) и четырех цифровых телепередатчиков с мощностью излучения 2 кВт каждый;

3. Опытная эфирная трансляция 12-ти телепрограмм в стандарте наземного цифрового телевидения DVB-T2 на 29 ТВК мощностью излучения 2 кВт.

## 1.2. Особенности наземного цифрового эфирного телевидения

В 2007 году началось создание в Республике Узбекистан сети цифрового телевидения с использованием стандарта DVB-T (технология разработана в 2003 году) и сжатием передаваемого видеосигнала в формате MPEG-4 (Moving Picture Experts Group - группа экспертов по кодированию движущихся изображений).

В стандарте **DVB-T** используются два значения длительности активной части символов (T): 224 мкс режим «2k» и 896 мкс режим «8k».

В настоящее время социальный пакет телепрограмм (мультиплекс) формируемый в г. Ташкенте и состоящий из 12 государственных телепрограмм с возможностью трансляции областных телепрограмм по расписанию вместо телеканала «Тошкент» распространяется по всей сети бесплатно.

Дальнейшее расширение сети направлено на увеличение количества мультиплекса (создание 2-го, 3-го и последующих), при котором населению будет предоставляться большое количество телепрограмм, в том числе высококачественное изображение и звука в стандарте телевидения высокой четкости HD и дополнительные услуги.

Учитывая состояние внедрения цифрового телевидения в мире, возникает необходимость дальнейшего расширения сети с использованием новых стандартов, в частности DVB-T2 (Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial, технология разработана 2008 году), который является вторым поколением европейского стандарта эфирного цифрового вещания DVB.

Стандарт DVB-T2 является улучшенным и функционально расширенным последователем стандарта DVB-T. В нем сохранены основные идеи обработки сигнала (скремблирование, перемежение данных, кодирование), но при этом каждый этап усовершенствован и дополнен. В

целом изменения не коснулись только модуляции OFDM (ортогональное частотное мультиплексирование).

В системе DVB-T2 для инкапсуляции информации может применяться не только транспортный поток MPEG, но и транспортный поток общего назначения (GSE), что позволяет снизить объем передаваемой служебной информации и сделать адаптацию транспортного потока к сети более гибкой. По сравнению с системой DVB-T привязки к какой-либо структуре данных на уровне транспорта не существует.

В стандарте DVB-T вся полоса используется для передачи одного транспортного потока. В новом стандарте применяется так называемая концепция PLP (physical layer pipes – каналы физического уровня): передача в одном физическом канале нескольких логических. Возможны два режима: с передачей одного PLP – режим «А», с передачей нескольких PLP (multiPLP) – режим «В». В режиме «В» несколько транспортных потоков передаются одновременно, причем каждый из них помещается в свой PLP. Это позволяет обеспечить сосуществование в одном радиочастотном канале услуг, передаваемых с разной степенью помехоустойчивости: режим модуляции и режим помехоустойчивого кодирования может выбираться для каждого PLP индивидуально (рис. 1.1), т. е. оператор может выбирать большую скорость передачи или лучшую помехоустойчивость для каждой программы в формируемом пакете. Приемник же декодирует только выбранный PLP и отключается на время передачи PLP, которые не интересуют абонента, что обеспечивает энергетическую экономию.

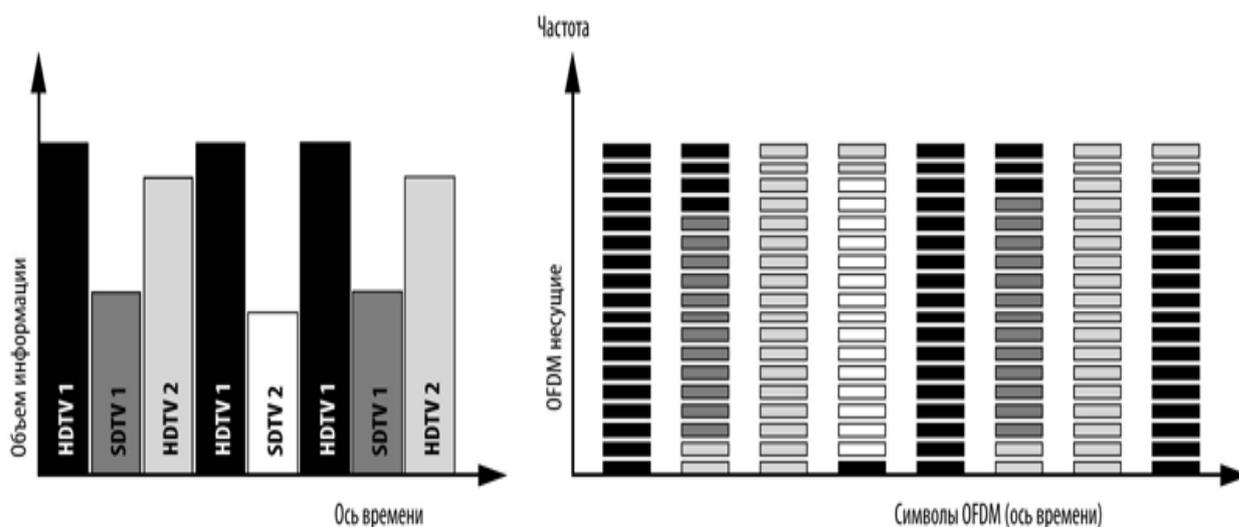


Рис. 1.1. Пример использования PLP

В стандарте DVB-T2 усложнена система перемежения. Используется битовое, частотное и, дополнительно, временное перемежение. Оно осуществляется не только внутри одного модуляционного символа, но и внутри суперкадра, что позволяет увеличить устойчивость сигнала к импульсным помехам и изменению характеристик тракта передачи.

Дополнительно в одночастотных сетях может поддерживаться технология MISO (multiple input – single output), использующая кодирование методом Аламути. В этом случае передатчики в одночастотной сети передают не в точности один и тот же сигнал, что позволяет избежать на приемной стороне так называемых «провалов».

В стандарте DVB-T2 вместо сверточных кодов используются коды с низкой плотностью проверки на четность (LDPC), а вместо кода Рида – Соломона – короткий код Боуза–Чоудхури–Хоквенгема (BCH). Зависимости коэффициента битовых ошибок (BER) от отношения «сигнал/шум» представлены на рис. 1.2.

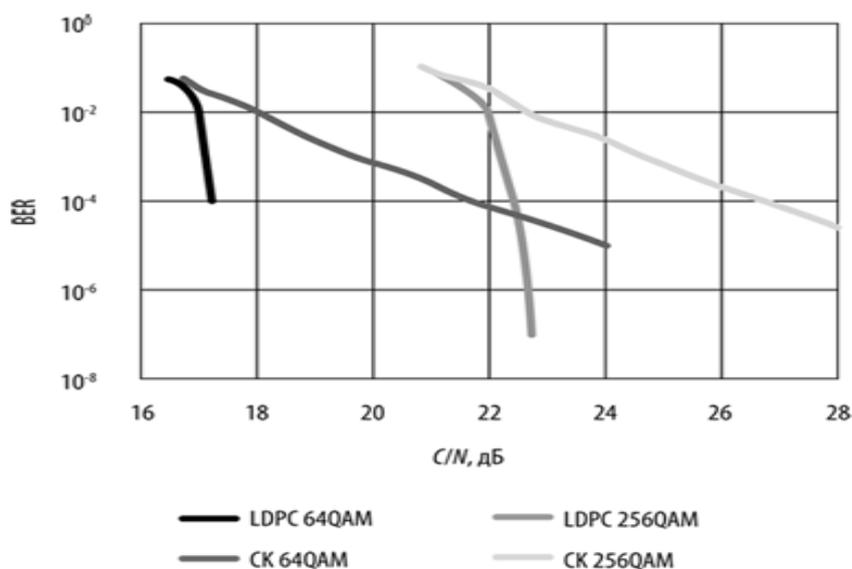


Рис. 1.2. Сравнение кодирования LDPC и СК

Поведение характеристик при использовании кодирования LDPC + BCH приближено к идеальному. Соответственно коды LDPC и BCH обеспечивают более высокую помехоустойчивость, чем коды PS и СК, что позволяет передавать большее количество информации в используемом канале. Дополнительно введены относительные скорости кодирования 3/5 и 4/5.

Выигрыш в отношении «сигнал/шум» за счет использования новых методов помехоустойчивого кодирования для стандарта DVB-T2 при идентичном BER составляет 5 дБ.

Еще одним новшеством в стандарте DVB-T2 является вращение сигнального созвездия, позволяющего улучшить помехоустойчивость системы [2].

В настоящее время на Ташкентской телебашне (высота 375 метров) действуют пять цифровых телепередатчика (четыре телепередатчика стандарта DVB-T и один телепередатчик стандарта DVB-T2) каждый из которых имеет выходную мощность, равную 2 кВт.

Четыре телепередатчика стандарта DVB-T через мост сложения (три входа моста сложения являются фильтровыми, а один вход – без фильтра)

работают на одну 12 панельную антенно-фидерную систему, а телепередатчик стандарта DVB-T2 нагружен на 10 панельную антенно-фидерную систему, расположенную на высотной отметке 220 метров.

Особенностью организации цифрового телевидения на Ташкентской телебашне является использование 12-ти панельной антенно-фидерной системы для вещания четырех пакетов телепрограмм с использованием соответствующего фильтрового моста сложения. Пятый передатчик стандарта DVB-T2 нагружен на 10-ти панельную антенно-фидерную систему. Формирование всех 4-х пакетов цифровых телепрограмм осуществляется оборудованием цифровой аппаратной Ташкентской телебашни.

Принимая во внимание, что антенно-фидерная система является относительно линейной во всем дециметровом диапазоне частот, следует принять факт практически одинаковости зоны охвата территории и населения Ташкентского региона всеми телепрограммами 4-х пакетов, включая первый бесплатный социальный пакет из 12 государственных телепрограмм.

Следует отметить, что цифровой телепередатчик работает на антенную систему, состоящую из 12 антенных панельных излучателей, включая 10 антенных панелей горизонтальной поляризации, и две антенные панели с вертикальной поляризацией. Все 12 антенных панелей расположены на высотной отметке 220 метров Ташкентской телебашни.

Диаграмма направленности антенной системы в горизонтальной плоскости приведена на рис. 1.3.

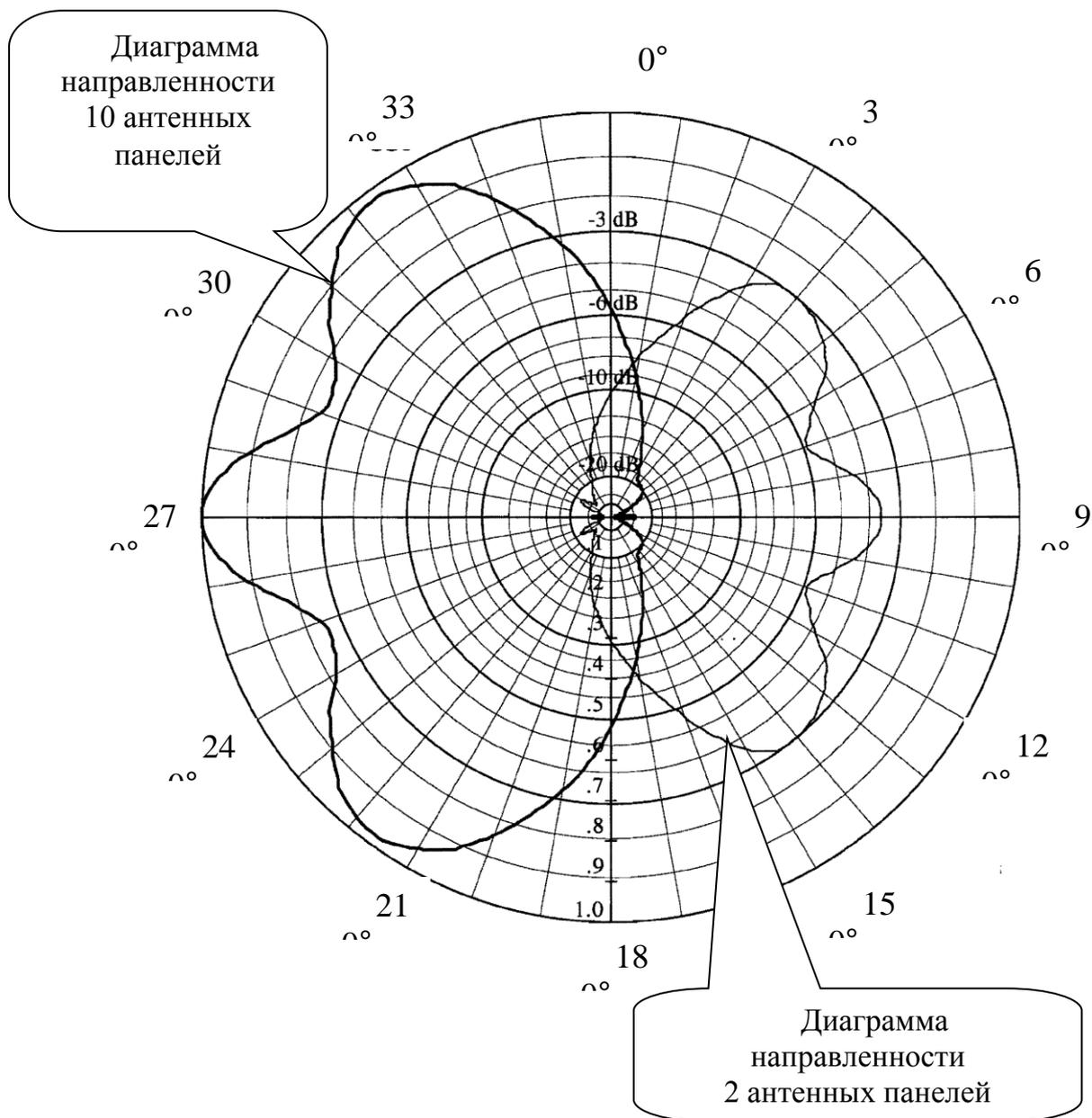


Рис. 1.3. Диаграммы направленности антенной системы на Ташкентской телебашне

### **1.3. Особенности цифрового спутникового телевидения**

Спутниковое телевизионное вещание (СТВ) было и остается самым быстрым, надежным и экономичным способом подачи ТВ сигнала высокого качества в любую точку обширного пространства.

DVB-S – стандарт цифрового спутникового телевидения. В данном стандарте спутниковое оборудование позволяет принимать телевизионный сигнал, как в городе, так и за его пределами. Спутниковое телевидение наиболее удобно в случаях сложности рельефа местности и в удаленных населенных пунктах.

Передача компрессированного видео и аудио, а также дополнительной информации, осуществляется с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ). Для достижения высоких технических показателей был разработан усложненный стандарт DVB-S2, что обеспечило рост канальной емкости по сравнению с DVB-S примерно на 30%.

Стандарт DVB-S2 – то же, что DVB-S, с возможностью использования дополнительных типов модуляции с увеличением пропускной способности канала связи в несколько раз, а также иными усовершенствованиями.

Телекоммуникационные спутники находятся на геостационарной орбите (ГО) – круговой орбите высотой ~36000 км в плоскости экватора. Скорость вращения спутников синхронизирована со скоростью вращения Земли, поэтому каждый спутник «висит» неподвижно в определенной точке орбиты с заданными координатами. Зона видимости геостационарной ИСЗ – около одной трети земной поверхности. Для спутниковых систем вещания выделены специальные участки радиочастотного спектра в сантиметровом диапазоне волн, где допускается повышенная плотность потока мощности с ИСЗ.

Телевизионный сигнал и сигнал Интернет наземные станции передают на спутник с помощью высоконаправленных антенн. Приёмное

оборудование на спутнике принимает сигнал, преобразует и ретранслирует обратно на Землю.

Передающие антенны на спутнике формируют на Земле зоны покрытия, причем, в центре зоны сигнал сильный, а по краям - слабый. Сами сигналы со спутника в зоне покрытия, называют лучами, в зависимости от их направления лучи бывают: европейский, российский, азиатский и др.

Сигнал, поступающий со спутника, очень слабый и принять его можно только с помощью высоконаправленных параболических антенн.

Спутниковый сигнал может передаваться в С или Ku диапазоне, иметь круговую или линейную поляризацию.

Чтобы принять сигнал со спутника, надо исходить из того, что спутники находятся на экваториальной дуге, т.е. необходимо определить направление на юг и север, и соответственно, на восток и запад. Для определения местоположения спутника, нужно знать его азимут - это угол между направлением на север и точкой расположения спутника на экваториальной дуге. Все спутники располагаются на строго определённом азимуте этой дуги (рис. 1.4) и находятся там постоянно.

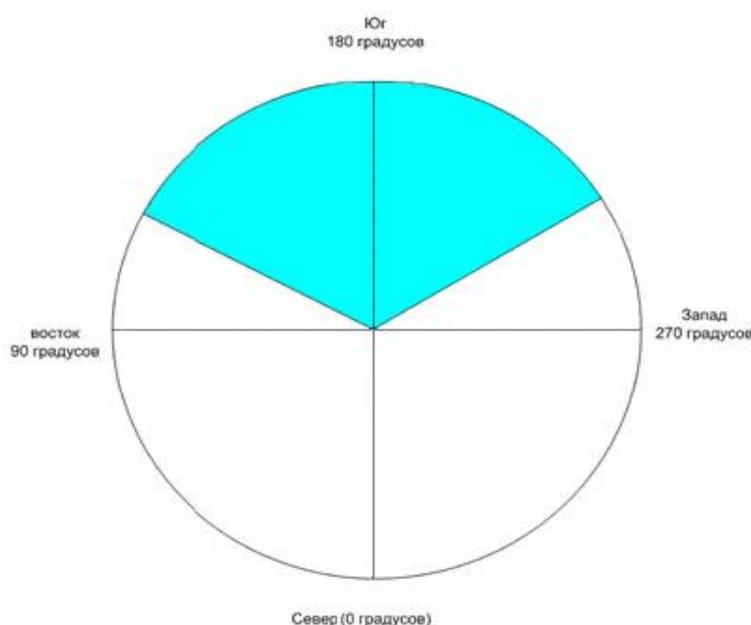


Рис. 1.4. Область расположения спутника над определенным сектором земной поверхности

Синий сектор, показывает видимую часть спутников, остальные спутники находятся за линией горизонта Земли. Для точного наведения на спутник кроме азимута нужно знать и его угол подъема (угол места) над горизонтом (рис. 1.5) [3].

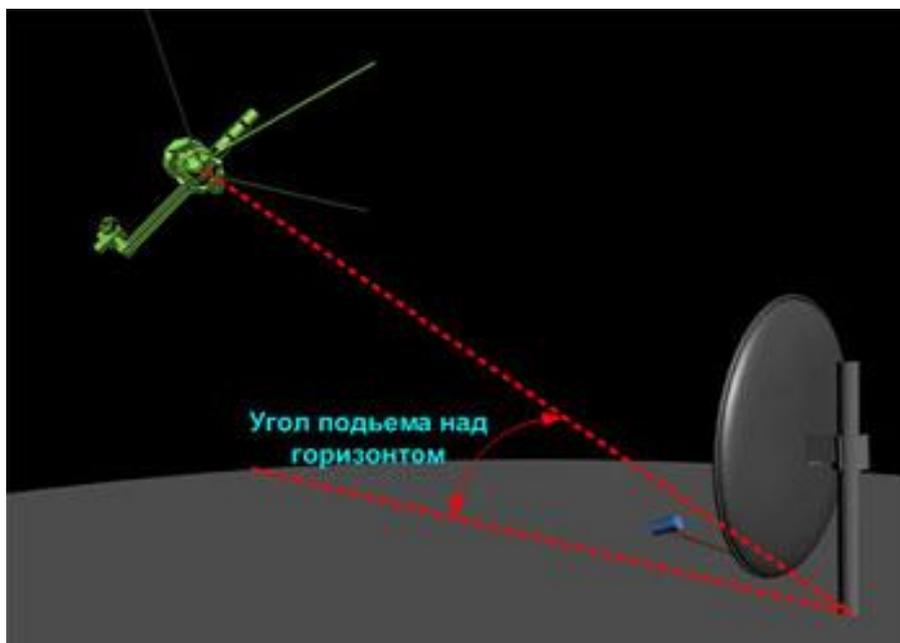


Рис. 1.5. Ориентация спутниковой антенны относительно спутника

Спутниковое телевидение, как уже было сказано, характеризуется непосредственным приемом сигнала из космоса, в отличие от типичного телевидения, где сигнал идет от телебашни, или кабельного, где телевидение осуществляется с помощью кабеля. Поэтому нужно учитывать наличие высоких деревьев и высотных домов, способных закрыть антенну, чтобы направление к выбранному спутнику всегда было открыто.

#### 1.4. Особенности кабельного цифрового телевидения

Внедрение цифрового формата 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, но в то же время значительно уже полоса канала по сравнению со спутниковым ЦТВ наиболее оптимальным является использование многопозиционной модуляции QAM (Quadrature Amplitude Modulation – квадратурная амплитудная модуляция). Высокое отношение сигнал/шум согласно теореме Шеннона, снижает вероятность ошибок BER (Bit Error Rate – частота ошибочных бит) и позволяет обойтись одной ступенью помехоустойчивого кодирования. Однако пакетные ошибки не исключены, поэтому перемежение остается составной частью помехоустойчивого кодирования.

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 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 и коррекции характеристик остаются достаточно острыми.

При построении головных станций кабельного ЦТВ 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 в 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.

## Структура системы DVB-C

Структура системы DVB-C максимально гармонизировано 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. 1.6 показана структура оборудования головной станции и абонентского приемника-декодера кабельной линии.

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. Методы инверсии каждого восьмого байта для цикловой синхронизации, рандомизации, перемежения и кодирования RS-кодом не имеют отличий от аналогичных методов и устройств в системах цифрового телевидения. Преобразователь байтов и кортежи (короткие последовательности битов, равные значению моделирующего кода) осуществляет формирование битовых структур, удовлетворяющих условию последующего получения символов QAM.

С целью получения созвездия, не зависящего от вращения несущей, к двум старшим разрядам каждого символа QAM применяется дифференциальное кодирование. На этом формирование кортежей заканчивается и осуществляется найквистовская согласованная фильтрация для формирования спектра в квадратурных каналах I и O. Затем сигналами I и O моделируются квадратурные несущие, и сигнал QAM переносится по спектру в полосу рабочего кабельного канала, для сопряжения с которым служит физический интерфейс. На приеме в соответствующем порядке выполняются обратные операции по демодуляции и декодированию сигнала в цифровой приставке Set - Top - Box (STB) [4].

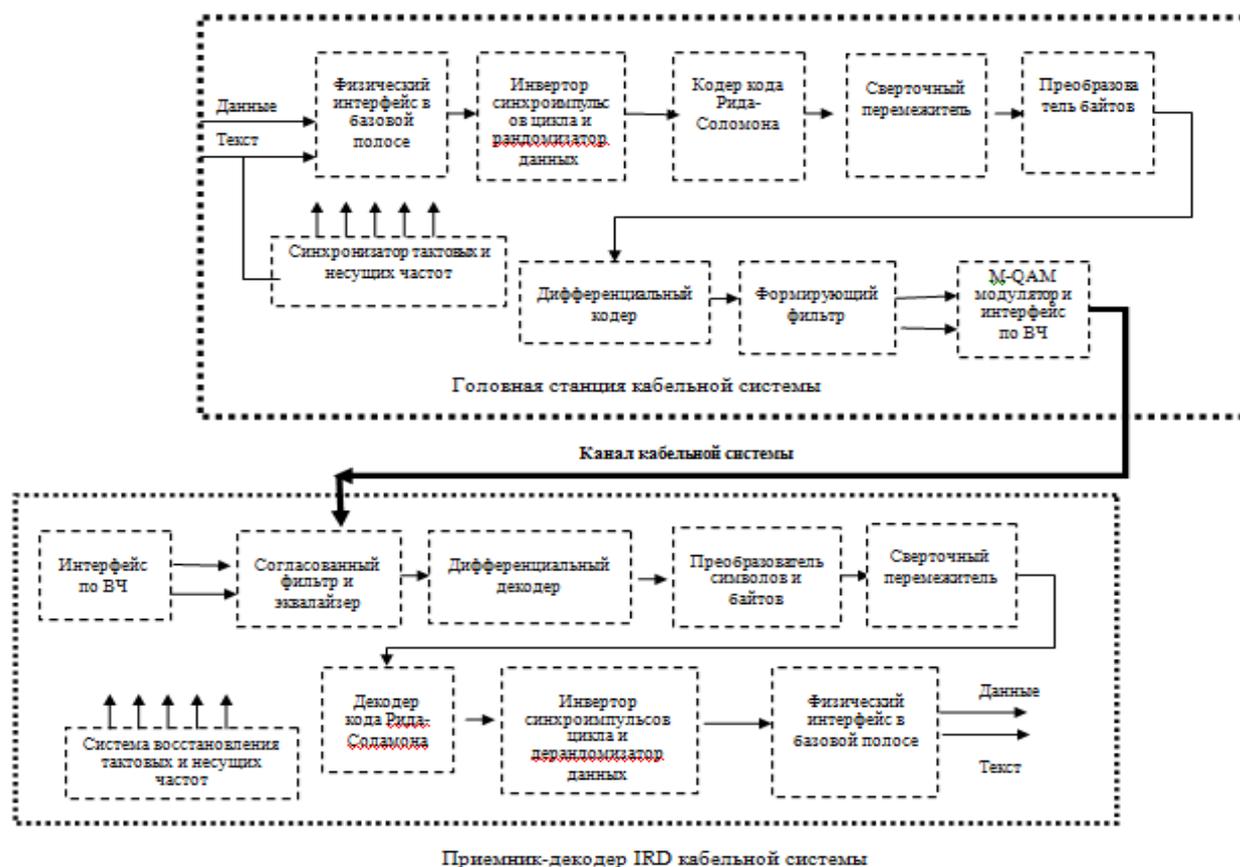


Рис. 1.6. Структурная схема системы DVB-C

Характерной особенностью рассмотренного тракта адаптации является отсутствие внутреннего сверточного кодера и наличие формирования спектра в основной полосе. Защита от пакетированных ошибок производится исключительно за счет перемежения на выходе кодера Рида-Соломона.

После сверточного перемежения непрерывную последовательность байтов необходимо разделить на короткие последовательности битов, каждая из которых соответствует символу QAM, т.е. определенной точке на квадратурной диаграмме модулированного сигнала. Такие последовательности двоичных символов называются кортежами. Минимальный цикл преобразования в 1 байт соответствует видам модуляции 16 QAM и 256 QAM. При 256 QAM байты и кортежи совпадают.

В табл. 1.2 приведены примеры расчетных значений символьной и информационной скоростей при разных кратностях модуляции в канале с полосой 8 МГц. Максимальная скорость достигает 38,1 Мбит/с, что

соответствует пропускной способности ствола спутникового ретранслятора с полосой 33 МГц в типовом режиме  $F_{\text{симв}} = 27,5 \text{ Мсимв/с}$ ,  $CR = 3/4$ .

Таблица 1.2

Примеры расчетных значений скоростей при разных модуляциях

Полезная информационная скорость (транспортный уровень MPEG-2), Мбит/с	Общая скорость, включая RS (204, 188), Мбит/с	Кабельная символьная скорость, Мбит/с	Занимаемая полоса частот, МГц	Вид модуляции
38,1	41,34	6,89	7,92	64QAM
31,9	34,61	6,92	7,96	32QAM
25,3	27,34	6,84	7,86	16QAM
18,9	20,52	3,42	3,93	64QAM
16	17,4	3,48	4	32QAM
12,8	13,92	3,48	4	16QAM
9,6	10,44	1,74	2	64QAM
8	8,7	1,74	2	32QAM
6,4	6,96	1,74	2	16QAM

### **Преимущества стандарта DVB-C.**

#### **Существенная экономия частотного ресурса.**

В одном физическом канале размещаются 4-8 ТВ программ, т.е. 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 в цифровом формате по сравнению с аналоговым.**

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 сигнал/шум, 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).

При использовании кабельного ЦТВ также упрощается и возможность использования фильтров пакетирования за счет снижения физических каналов и появления частотных пробелов [5].

## **ВЫВОДЫ**

В первой главе были определены цели и задачи наземного цифрового эфирного телевидения.

Проведен обзор особенностей цифрового эфирного телевидения, спутникового телевидения, кабельного телевидения.

Особое внимание уделено преимуществам цифровых телевизионных стандартов с точки зрения их канальной емкости и основных качественных показателей.

## **ГЛАВА II. ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПОТОКОВ И ИХ ТРАНСЛЯЦИЯ ПО ЭФИРНЫМ КАНАЛАМ**

### **2.1. Общие принципы формирования телевизионных потоков**

На рис. 2.1 представлена схема формирования цифрового телевизионного потока его передача на несущих частотах телевизионного диапазона через распределительную сеть на абонентские приёмники. В качестве источников сигнала используются: телекоммуникационные спутники, DVD или другие источники сигнала.

В схеме предусмотрена обработка цифрового сигнала для добавления информации к распространяемым в сети программам телевидения. Для этих целей служат генератор, устройство ввода субтитров и устройство ввода рекламных объявлений, которые управляются с компьютера со студии телевидения.

Цифровой поток в виде QPSK на несущих промежуточных частотах с конвертора антенны поступает на вход декодера DCH-3000P, где подвергается демодуляции, и немодулированный транспортный поток TS через выходной интерфейс ASI поступает на вход DVB MPEG-2 мультиплексора DCH-3000MX, где подвергается фильтрации, обновлению PID выбранных программ, перестройке PSI, NIT и других обязательных таблиц. Таким образом, из выбранных для распространения в сети теле-радио каналов формируются мультиплексы.

Декодер DCH-3000P также выполняет мультисканальное дескремблирование входного потока. Одноканальное дескремблирование (одного ТВ канала) в мультипрограммном потоке возможно с помощью бытового САМ-модуля. Многоканальное дескремблирование поддерживают профессиональные модули. С помощью одного модуля, а также при мультисканальной авторизации смарт-карты, можно декодировать до восьми каналов в транспортном потоке одного транспондера спутника.

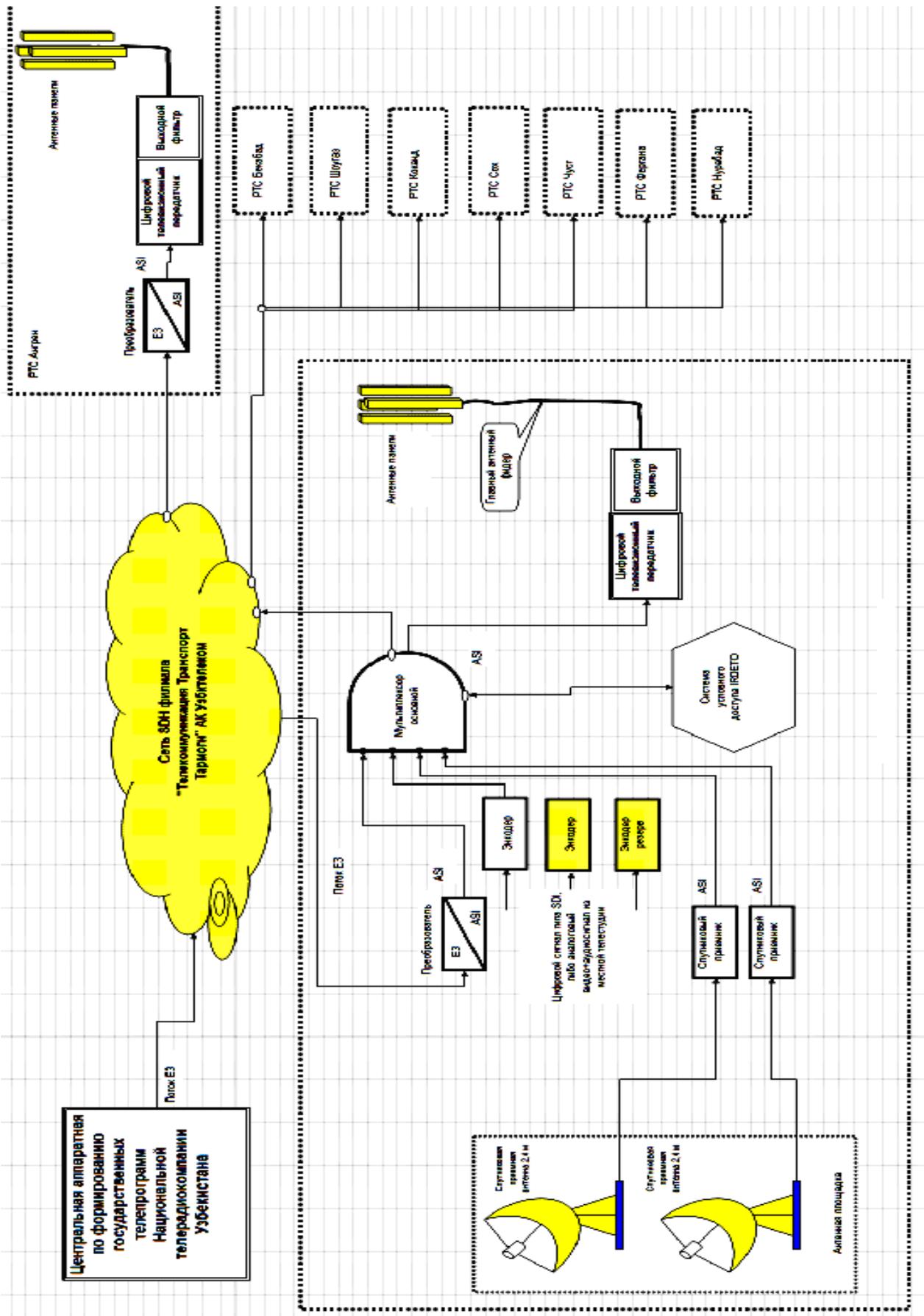


Рис. 2.1. Схема формирования цифрового потока

Цифровые потоки от воспроизводящих устройств и видеокамер формируются с помощью кодеров DCH-3000EC.

Каждый вновь сформированный мультиплекс поступает на ТВ скремблер, где подвергается скремблированию с целью обеспечения платного доступа абонентов к ТВ каналам сети. К скремблированным мультиплексам добавляются мультиплексы с каналами общего доступа в кабельной сети, бесплатные. Эти каналы формируются с помощью профессионального приёмника DCH-4000P.

Все сформированные мультиплексы модулируются QAM модуляторами DCH-3000TM, которые преобразуют DVB транспортные потоки (TS), получаемые от скремблера в радиочастотный RF сигнал стандарта DVB-C на частоте одного из ТВ каналов. Все QAM модулированные сигналы, содержащиеся в своем составе, обычно, до десяти телевизионных каналов и перенесенные на несущие частоты RF, объединяются сумматором (combiner) PBI-4016C в единый радиочастотный поток, а затем подаются в сеть для раздачи абонентам. Абоненты смогут принимать эти сигналы на цифровые кабельные ресиверы со встроенным дискремблером. В современных телевизорах присутствуют встроенные цифровые ресиверы, для владельцев таких телевизоров понадобится только CAM-модуль с картой доступа.

**Мультиплексор** объединяет цифровые потоки, поступающие на его входные интерфейсы от разных источников, в единый транспортный поток (TS). Входные потоки могут иметь разную временную базу (тактовую частоту) и задачей цифрового мультиплексора является формирование асинхронного потока с сохранением информации о синхронизации каждого из его компонентов.

**Ремультимплексор** (Transport Stream Processor) - разновидность мультиплексора, который работает не с отдельными, а с мультиплексированными потоками. На первом этапе ремультимплексор разбивает магистральные транспортные потоки на однопрограммные

транспортные потоки и отдельные сервисы, затем, комбинируя, создает из них новые TS, внося при этом изменения в таблицы служебной информации.

### **TS цифровой поток**

Elementary stream (ES- элементарный поток), является основой всех других цифровых потоков. Из элементарных потоков строятся все остальные виды потоков, например, цифровой поток из MPEG кодера состоит из ES для видео и ES для звука.

Packetized elementary streams (PES - пакетированные элементарные потоки) являются следующей разновидностью ES элементарных потоков, в которые добавляются синхронизирующие элементы. С помощью PES формируются дополнительные данные к элементарным потокам видео и аудио, такие как субтитры и др. PES является основой программных или транспортных потоков, а также может использоваться напрямую в приложениях (в видео рекордерах и др. устройствах)

Program stream (PS - программный поток)- объединение разных типов PES (аудио, видео, служебная информация). Все PES в программном потоке должны иметь единый таймер синхронизации.

Transport stream (TS - транспортный поток) одна из разновидностей объединения PES в единый поток для последующей передачи. Этот транспортный поток разбит на пакеты фиксированной длины и содержат необходимую информацию по синхронизации. Транспортный поток TS может содержать пакетированные элементарные потоки, сформированные с разными источниками синхронизации и поэтому, может использоваться для мультипрограммной передачи [6].

### **AV сигналы**

Аудио-видео сигналы для передачи звука и изображения в аналоговом виде.

## **RF радиочастотный сигнал**

Радиочастотный телевизионный сигнал RF располагается в диапазоне 47...862МГц.

Телевизионный RF сигнал может быть промодулирован аналоговым телевизионным сигналом, а также цифровыми сигналами стандарта DVB-C QAM или DVB-T COFDM, и занимает полосу одного из телевизионных каналов.

## **HFC сети**

Гибридные оптико-коаксиальные сети (HFC – Hybrid Fiber Coax) относятся к категории классических сетей, которые используются для передачи как аналоговых, так и цифровых сигналов.

Находят широкое применение при построении систем кабельного телевидения (СКТ), так как обладают максимальной потенциальной широкополосностью из всех существующих видов сетей, мультимедийностью, простотой формирования контента, возможностью формирования равных информационных потоков в обоих направлениях, доступом ко всем абонентам, а также высокой надежностью и простотой обслуживания.

## **Декодер DCH-3000P-XX**

Профессиональный интегрированный декодер DCH-3000P-XX предназначен для обработки и преобразования сигналов цифровых транспортных потоков (TS), полученных по различным каналам в виде DVB-S/C/T (QPSK/QAM/COFDM), ASI, или DS3 в интерфейсы: ASI, CVBS, DS3. В составе каждого транспортного потока могут содержаться телевизионные программы (SPTS и MPTS), программы радиовещания, данные интернета. В декодере предусмотрена возможность установки дополнительного ASI входа для мультиплексирования дополнительных транспортных потоков.

Дескремблер DCH 3000P имеет два слота CI (Common Interface) с мультипрограммной поддержкой.

Декодер DCH-3000P-DS3 оборудован входным интерфейсом DS3

### **Кодер DCH-3000EC**

DCH-3000EC является профессиональным MPEG-2/DVB цифровым кодером с функцией мультиплексирования. Соответствует стандарту ISO/IEC13818.

DCH-3000EC производит преобразование аналогового аудио-видео сигнала в цифровой транспортный поток TS, может выполнять мультиплексирование с другим TS потоком, поступающим по дополнительному ASI входу и добавлять сервисную информацию DVB-SI в выходной TS поток. Созданный транспортный поток мультиплексируется с другими TS.

### **Мультиплексор DCH-3000MX**

Профессиональный мультиплексор DCH-3000MX предназначен для мультиплексирования TS потоков, имеет восемь ASI входов, с поддержкой потоков от 5 до 50Mbps по каждому входу, два параллельных ASI выхода, с выходным потоком до 216Mbps и длиной пакета 188/204.

### **Скремблер DCH-3000TP**

Скремблер DCH-3000TP разработан для использования в цифровых телевизионных головных станциях. Поддерживает стандарт ISO/IEC-13818. Встроенный алгоритм скремблирования (DVB CSA) позволяет подвергнуть скремблированию весь транспортный поток, пришедший от мультиплексора или другого оборудования головной станции, имеющим выход транспортного потока ASI.

Скремблер работает совместно с SMS (Система Управления Абонентами) по внедрению CAS информации EMM и ECM, для реализации условного доступа телезрителей к передаваемой по сети информации и с целью исключения нелегального доступа. Все интерфейсы DCH-3000TP полностью совместимы со стандартом ASI.

## **QAM модулятор DCH-3000TM**

QAM модулятор DCH-3000TM предназначен для преобразования DVB транспортных потоков (TS), получаемых от кодера, мультиплексора, скремблера и других устройств в радиочастотный RF сигнал стандарта DVB-S на частоте одного из ТВ каналов.

DCH-3000TM имеет в своем составе QPSK (DVB-S) демодулятор, фильтр элементарных потоков и цифровой кабельный QAM модулятор. Устройство поддерживает входные сигналы: QPSK (сигнал со спутника) и ASI. Входной сигнал трансмодулируется в QAM RF или выдается на ASI выход без модуляции.

QAM модулятор DCH-3000TM может принимать PSI/SI информацию со всех входов и мультиплексировать её в единый транспортный поток с PCR коррекцией. Устройство идеально подходит для передачи DVB-S сигнала в HFC, MMDS и MUDS сетях.

## **Приёмник DCH-4000P**

Профессиональный приёмник PBI DCH-4000PM является мультиформатным устройством для обработки DVB сигнала, объединяет в себе функции: ресивера-демодулятора, декодера, мультиплексора и модулятора. Устройство может иметь входные интерфейсы: DVB-S, DVB-S2, DVB-C, DVB-T, а также ASI, TS over IP и DS3.

Дескремблирование телеканалов происходит с помощью встроенных CI слотов, которые поддерживают многоканальные CAM модули. Мультиплексор приемника позволяет редактировать и объединять транспортные потоки, поступающие с различных входов, а модулятор (QAM или COFDM) преобразует результирующий TS в RF радиочастотный сигнал. Данная серия приемников обладает функцией резервирования входного сигнала. Сигналы, поступающие с трех входов (ASI, DVB и TS over IP) обрабатываются независимо друг от друга и являются резервируемыми. При пропадании сигнала на одном из входов устройство автоматически

переключится на сигнал с другого входа, последовательность аварийного перехода задает оператор.

### **Сумматор (combiner) PBI-4016C**

Сумматор (combiner) PBI-4016C является пассивным устройством головной станции кабельного телевидения и используется для суммирования до 16-ти входных телевизионных сигналов, имеет один выход и 2 порта для диагностики.

Отличительные особенности: малые потери сигнала, высокая развязка между каналами. Данный сумматор сохраняет линейность сигнала при больших уровнях сигнала и отвечает всем требованиям для построения надежных кабельных сетей [7].

## **2.2. Передающее телевизионное оборудование**

Цифровой ТВ передатчик должен обеспечивать передачу данных для различных значений в зависимости от вида модуляции, относительной скорости кода, значений относительного защитного интервала, стандартного либо расширенного состава несущих частот.

Для примера можно привести технические характеристики новых оборудования, которое установлено в Республике Узбекистан на территории Сурхандарьинской, Ферганской и Наманганской областях.

### **Конструкция и функции R&S THU9**

Семейство TV передатчиков R&S THU9 поддерживает следующие стандарты: При работе в режиме ATV: В/G; D/K; K1; I; II.

При работе в режиме DTV: DVB-T/H; DVB-T2; ATSC/ATSC Mobile; ISDB-TB.

Передатчики с жидкостным охлаждением серии R&S THU9 монтируются в стойках. Для интеграции возбуждителя (возбуждитель TCE900) и блока управления передатчика (TCE900 SysCtrl или TCE900 TxCtrl для

MultiTx и dual drive), предусмотрена рама для монтажа в верхней трети части стойки (высота, занимаемая в стойке 7 юнитов). Задняя сторона устройства вместе с разъемами передатчика образуют в стойке панель подключений. Устройства распределения электроэнергии, главный выключатель, блок распределения питания, и панель подключений (МДБ) расположены на задней стороне стойки. Под рамой для монтажа могут быть секции 19", в которых устанавливаются до 3 приборов по желанию заказчика (высотой 1 юнит) а также блок дисплея TDU900.

Усилители мощности располагаются ниже этой секции. Там можно установить до 12 усилителей мощности.

Передатчик R&S THU9 (рис. 2.2) - стойка (вид спереди) 1 - Установка до 12 усилителей мощности R&S PHU901; 2 - Рама адаптера для установки до трех приборов заказчика и дисплея R&S TDU900; 3 - Рама адаптера для установки максимального количества блоков R&S TCE900 (7 блоков). Далее приведена блок-схема передатчика R&S THU9 TV (максимум, 12 усилителей на стойку).

Блоки R&S TCE900 всегда расположены в соответствии с теми же правилами для всех приложений. Блок управления R&S TCE900 всегда находится в дальнем левом углу. Далее следуют возбуждители (всегда располагаются слева направо). Максимальное количество передатчиков в стойке ограничено пространством, доступным на задней стороне стойки. Может быть установлено до 4 трактов RF с жесткими волноводами (RL58). Следующие примеры показывают варианты размещения в раме стойки для блоков TCE900.

### **Single drive.**

Это простейший вариант для передатчиков высокой и средней мощности состоит из возбуждителя (R&S TCE900 Exc), выходного каскада, и блока управления передатчиком (R&S TCE900 SysCtrl). Избыточность в этом типе передатчика имеется только в выходном каскаде, который может состоять из n усилителей (n = макс. 12 на стойку) (рис. 2.2).

## Dual drive.

Этот вариант передатчика состоит из блока управления передатчика или платы управления (TCE900 SysCtrl), двух возбуждателей (возбудитель R&S TCE900), переключателя возбуждателей и выходного каскада.

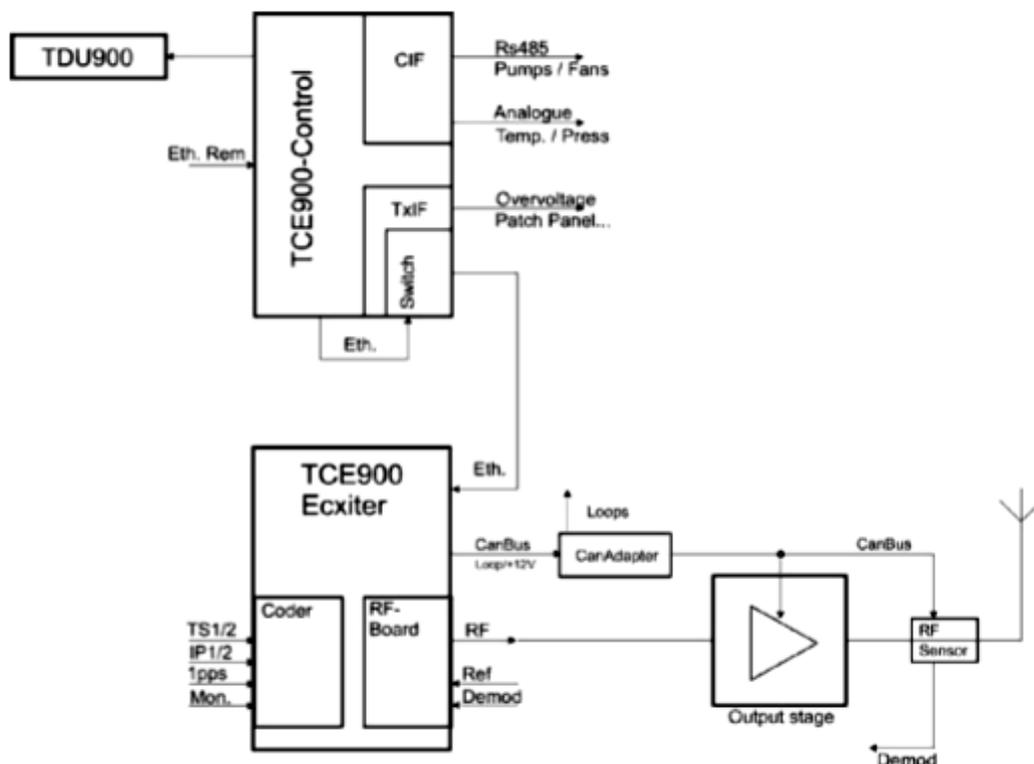


Рис. 2.2. Блок-схема автономного передатчика (single drive) – упрощенная иллюстрация

Переключатель возбуждателей, выходной каскад и RF Probe соединены с возбуждателями через шины CAN. Они используют шины CAN для обмена информацией об их состоянии MainState (функция Heartbeat). Если активный возбуждатель выходит из строя, оставшийся возбуждатель подает свой выходной сигнал на выходной каскад, с помощью переключателя возбуждателей. Два возбуждателя А и В имеют следующие функции:

- возбуждатели А и В обладают полной функциональностью;

- автоматический переключатель имеется на обоих возбудителях, но он активен только на выбранном возбудителе;

- мониторинг уровня отражения и RF имеется на обоих возбудителях, но он активен только на выбранном возбудителе.

Блок управления передатчика (TCE900 SysCtrl) предполагает использование пользовательского интерфейса. Предварительно выбранный (активный) возбудитель отвечает за создание программы (работает модулятор). Резервный возбудитель отвечает за мониторинг предварительно выбранного возбудителя и за автоматическое переключение в случае неисправности основного возбудителя.

Так как оба возбудителя эквивалентны, распределение ролей можно изменить в любое время, изменив предварительный выбор.

### **Резерв N+1.**

Этот вариант передатчика с режима ожидания N+1 состоит из N+1 автономных передатчиков, блока управления (TCE900 CTRL) и устройства переключения RF для всех основных передатчиков (переключатели RCB и RF, и переключатель модулирующего сигнала). Если один из основных передатчиков выходит из строя, он заменяется на резервный передатчик TxV. Правильный входной сигнал для программы TxA подается на резервный передатчик TxV с помощью селектора входов (например, маршрутизатор ASI). Переключатель RF цепей Sn переключает резервный передатчик TxV на антенну An в случае переключения работы системы. Основной передатчик, который был отключен от антенны, подключается к эквиваленту антенны. В системе N+1 может быть установлено до 3 основных передатчиков (N=3).

Если передатчик TxV подключен к эквиваленту антенны, на передатчик TxV может быть подан любой выбор сигналов модуляции. Это может быть один из сигналов программы или открытый вход. Предварительный отбор

может быть сохранен в энергонезависимой памяти, которая защищена от сбоя питания.

Одна из новых функций цифрового передатчика NEC (рис. 2.3) – адаптивная цифровая коррекция (ADC) – предоставляет следующие преимущества:

- при настройке не требуется специальных навыков и знаний;
- простое техническое обслуживание
- снижение нагрузок на техперсонал;
- высокие эксплуатационные параметры;
- режимы коррекции: адаптивный мгновенный установка по уровням;
- возможность мониторинга IMP и MER с помощью платы ADC без тестового оборудования.

**Система возбудителя:**

- применяется возбудитель DM-3000A;
- не требуется блок конвертора прямого канала.

**Простая система охлаждения:**

- не требуется теплообменник или насос;
- для передатчиков 2 КВт возможен монтаж резервных вентиляторов.

**Передатчик полосы (470- 860 МГц):**

- комбайнер, PA и EX для всего диапазона;
- для смены канала не требуется замена частей.

**Интерфейс:**

В интерфейсе 10BASE-T применяется адаптивная цифровая коррекция:

- мониторинг качества удаленного сигнала ADC;
- полностью соответствует стандартам DVB-T;
- включая SFN, иерархическую модуляцию, возможности обновления DVB-H;

- свободная коммутация ASI, с использованием MIP созданной адаптером SFN;
- гибкая адаптивность скорости битов;
- прямая конверсия к выходному РЧ сигналу для всего диапазона;
- применяется простая функция контроля TX для низкомоощных TX;
- внутренний приемник GPS (опция);
- адаптивная коррекция;
- функция мониторинга сигнализации (MER и IM).



Рис. 2.3. Передатчики фирмы Rohde&Schwarz (Германия) THU9 (слева) и NEC (Япония) DTU-70/4R9PQ (справа)



Рис. 2.4. Цифровой возбудитель DM-3000A

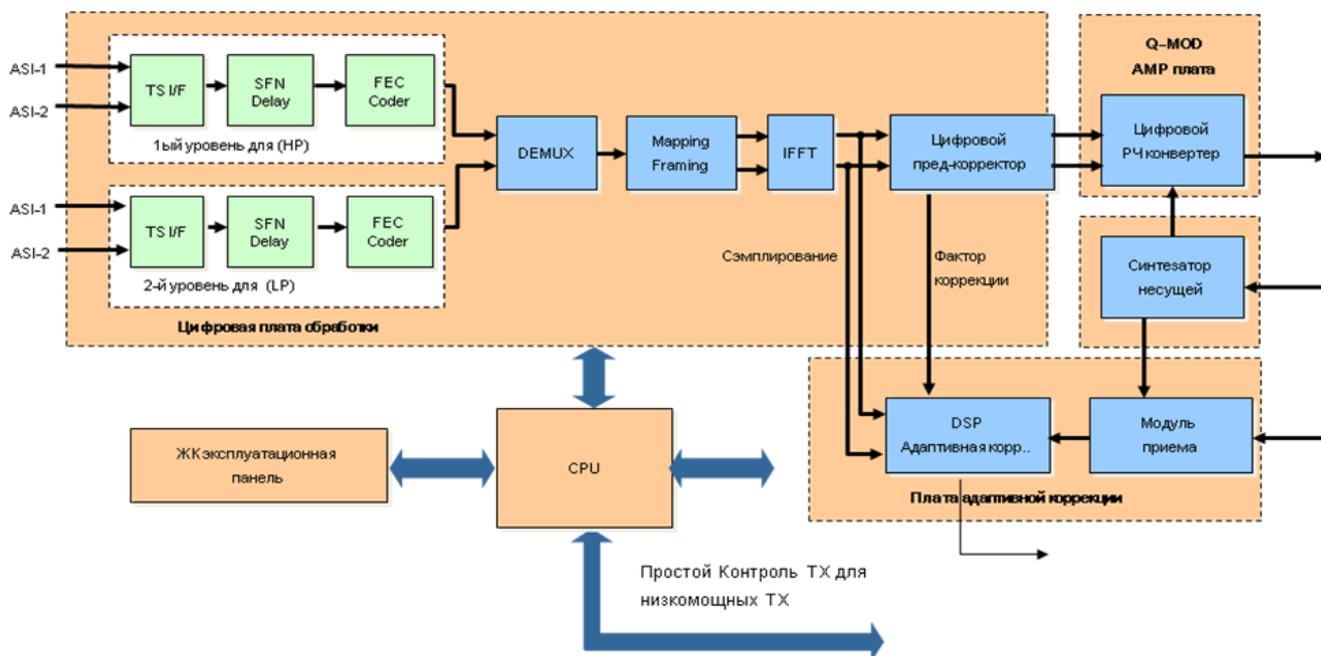


Рис. 2.5. Блок-схема цифрового возбудителя DM-3000A

### 2.3. Особенности распространения цифровых телевизионных сигналов

В настоящее время в антенно-фидерных системах ЦТВ диапазона используются в основном антенные панели и щелевые излучающие антенны. На основе совокупности антенных панелей строятся антенные системы различной конфигурации. Обобщенная схема работы 4-х цифровых передатчиков на одну антенно-фидерную систему и работа пятого цифрового телепередатчика приведена на рис.2.6.

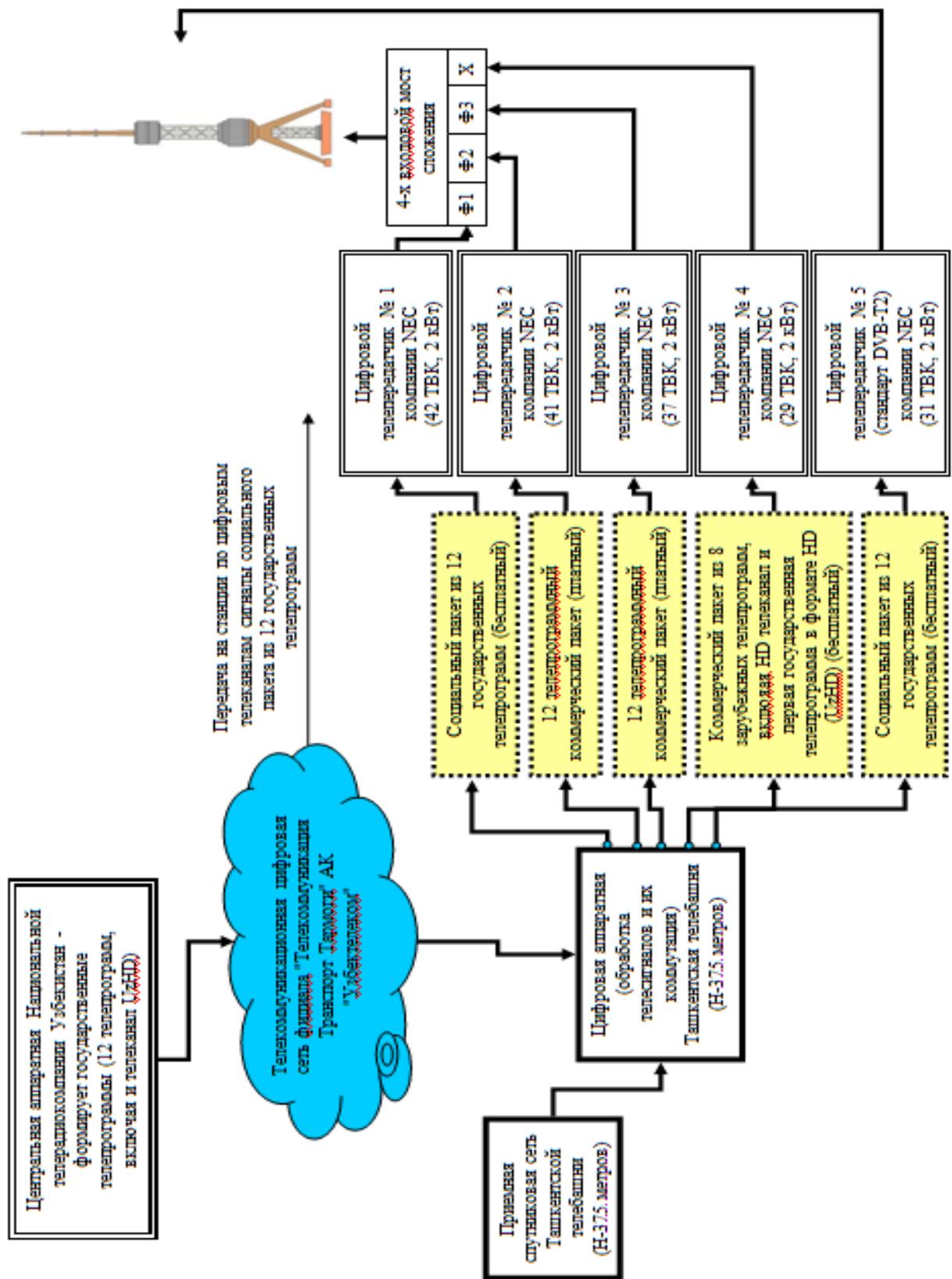


Рис. 2.6. Работа 4-х цифровых передатчиков на одну антенно-фидерную систему

Неудовлетворительное качество приема телевидения часто наблюдается у жителей крупных городов, которые застраиваются железобетонными домами разной этажности. В связи с этим может образовываться большое количество зон радиотени и интенсивных отраженных сигналов.

В зонах радиотени, возникающих вследствие экранирующего действия высоких зданий, уровень сигнала может быть недостаточным для качественного приема. Здания повышенной этажности могут действовать как отражающая поверхность. Поэтому распространение сигналов в современных городах является, как правило, многолучевым. В точку приема приходит прямая волна от передающей антенны и несколько отраженных волн. В зоне радиотени уровень отраженных сигналов может превышать уровень прямого сигнала. Поскольку яркость изображений зависит от соотношений уровней сигналов, то в зоне радиотени отраженный сигнал может дать более контрастное изображение.

Следует обратить внимание на некоторые особенности распространения цифровых телевизионных сигналов в условиях города с его высокими зданиями, покрытыми железными крышами. Явление отражения заключается в том, что возбуждаемые волной в металлических сооружениях электрические токи в свою очередь создают радиоволны той же длины, которые могут попасть в точки, недостижимые для основной волны. Эти радиоволны также обладают способностью огибать встречающиеся на пути строения. Все эти явления очень усложняют прием сигналов цифрового телевизионного вещания, создавая дополнительные помехи приемной стороне. В телевидении наблюдают, например, появление так называемых «вторичных контуров», иногда очень заметных на экране. Избавиться от дополнительных помех можно в простейшем случае вращением антенны, если в качестве таковой применен полуволновый вибратор. Можно идти и по пути усложнения конструкции антенны, что дает большую направленность приема [8].

## **ВЫВОДЫ**

Во второй главе магистерской диссертации была рассмотрена схема формирования цифрового потока и его составляющих.

Проведен обзор технических характеристик цифровых телевизионных передатчиков компании NEC и Rohde&Schwarz.

Приведены особенности распространения цифровых телевизионных сигналов, транслируемых с ТашРТТЦ.

## ГЛАВА III. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ПОЛЯРИЗАЦИИ АНТЕНН НА КАЧЕСТВО ПРИЕМА ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

### 3.1. Оборудование для приема спутникового и наземного эфирного цифрового телевидения

Для приёма спутникового телевидения на телевизор необходимо наличие антенны и ресивера (преобразователь принятого со спутника сигнала в вид, понятный телевизору).

В большинстве случаев комплект для индивидуального приема спутникового телевидения состоит из антенного комплекта, приемника (тюнера) спутникового телевидения, называемого также спутниковым ресивером (receiver), и телевизора (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Комплект приема спутникового телевидения

Антенный комплект включает в себя зеркало с устройством крепления (подвеской) и размещенную на нем приемную головку.

В зависимости от формы зеркала и места размещения на нем облучателя, различают прямофокусные и офсетные антенны (рис. 3.2). У прямофокусной антенны зеркало симметрично, а облучатель расположен в фокусе зеркала, на оси симметрии. Зеркало офсетных антенн чаще имеет эллипсовидную форму,

а облучатель расположен не в фокусе зеркала. Преимущество офсетной антенны заключается в том, что головка не затеняет зеркало от падающих на него радиоволн. Это позволяет получить несколько больший коэффициент усиления, т. е. принимать более слабые сигналы [9].



Рис. 3.2. Разновидности спутниковых антенн

Облучатель представляет собой в простейшем случае конец круглого волновода, закрытый прозрачной для радиосигналов пленкой, расположенный в точке схода отраженных от зеркала радиоволн. Он служит для передачи энергии сигнала, «собранной» с поверхности зеркала в конвертор. Название «облучатель» данное устройство получило при использовании в передающих антеннах, где оно действительно облучало поверхность зеркала передаваемым радиосигналом.

Между облучателем и конвертором расположен поляризатор. Поляризатор имеет свойство выделять и пропускать волны с определенной поляризацией, различают вертикальную, горизонтальную и круговую поляризацию, когда происходит вращение составляющих волны.

Тип поляризации определяется конструкцией передающей антенны и ее положением в пространстве. Для непосредственного спутникового телевидения преимущественно используются вертикальная и горизонтальная поляризации. Использование волн с различной поляризацией позволяет передавать программы на близких частотах или на одной частоте и

эффективно разделять их при приеме. Управляя поляризатором дистанционно, можно выбирать сигналы, передаваемые с определенной поляризацией. В основном применяются поляризаторы двух типов: электромагнитные (ферритовые) и механические. Их электрические характеристики приблизительно одинаковы. Отсутствие в электромагнитном поляризаторе движущихся частей предполагает его большую надежность. В то же время механические поляризаторы обладают несколько более низким коэффициентом шума [10].

Конвертор (*LNB – Low Noise Blockconvertor*) служит для усиления сигнала, поступившего с поляризатора, и преобразования его в диапазон частот, воспринимаемый спутниковым приемником (950–1750 МГц или 900–2150 МГц – расширенный). Конструктивно представляет собой компактное, выполненное по волноводно-микрорешетчатой технологии устройство весом 300–400 граммов. Основными характеристиками конвертора являются диапазон принимаемых частот и уровень шума.

Существует несколько типов конверторов, различных по конструкции и функциональным возможностям. Выпускаются конверторы, предназначенные для работы как в ограниченном диапазоне частот, так и полнодиапазонные, охватывающие весь диапазон *C* или *Ku*. Имеются также конверторы со встроенным поляризатором. Конверторы, называемые универсальными, имеют, по сравнению с полнодиапазонными, более простую систему управления переключением диапазонов и поляризации. Конверторы с несколькими выходами позволяют одновременно просматривать на нескольких телевизорах телепрограммы, принятые с различной поляризацией и в разных диапазонах.

В последние годы доля цифрового спутникового вещания постоянно увеличивается, так как позволяет путем уплотнения передавать большее количество программ с одного спутника. Цифровое представление программ позволяет получить изображение на экране телевизора с отличным качеством и отсутствием помех, иногда сопровождающих аналоговые программы.

Ресиверы, предназначенные для приема программ в формате MPEG-2, являются на сегодняшний день устройствами, обеспечивающими самое высокое качество изображения и звука, и способны принимать программы телевидения высокой четкости – HDTV [11].

Для приема цифрового эфирного телевидения требуется несколько элементов: антенна ДМВ-диапазона (комнатная или общественная), делители, ответвители, телевизионный кабель, эфирный цифровой ресивер и телевизор (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Прием цифрового телевидения

Приемные телевизионные антенны осуществляют преобразование энергии электромагнитных волн в ВЧ-энергию, которая передается по кабелю к антенному усилителю или непосредственно к телевизору или на внешний цифровой приемник DVB-T/T2 в случае приема цифрового телевидения.

Конструктивные особенности антенны в значительной степени определяются диапазоном волн, в котором она используется, выделенных для телевизионного и звукового вещания [12].

Приемная антенна состоит из собственно антенны и фидера (кабеля снижения), соединяющего антенну с телевизором (пример такого комплекта показан на рис.3.4).

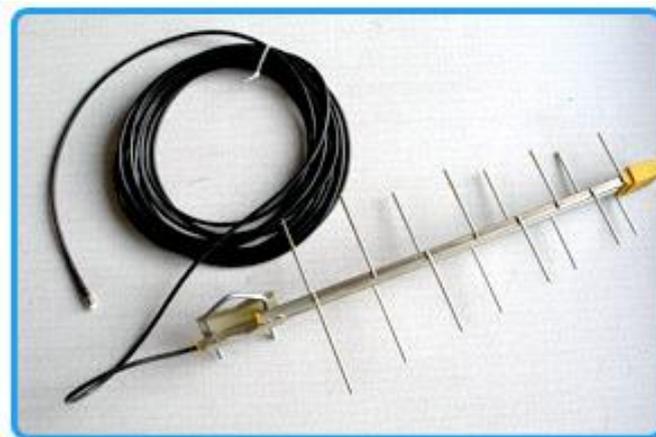


Рис. 3.4. Комплект приемной антенны

В зависимости от места размещения антенны можно разделить на такие основные типы:

- комнатные, предназначенные для установки внутри помещения;
- наружные, предназначенные для установки вне помещений;
- для подвижных объектов, которые получили более широкое применение с развитием цифрового эфирного вещания.

С развитием ЦТВ альтернативу традиционным передающими антеннами составили антенны панельного типа. Кроме компактной конструкции и современного дизайна, такие антенны характеризуются наличием встроенного усилителя, без которого они практически неэффективны.

Антенны со встроенным усилителем называются активными, без усилителя – пассивными.

Для оценки качества и сравнения приемных антенн между собой введены следующие параметры:

- полоса рабочих частот;

- ширина диаграммы направленности антенны по уровню минус 3 дБ от максимального уровня;
- уровни боковых лепестков в переднем полупространстве относительно направления максимума диаграммы направленности;
- уровни боковых лепестков в заднем полупространстве относительно направления максимума диаграммы направленности;
- угловые положения нулевых значений диаграммы направленности;
- коэффициент усиления;
- вид поляризации;
- номинальное входное сопротивление;
- согласование антенны с кабелем снижения;
- потери в кабеле снижения.

Одни параметры антенны могут быть определены путем непосредственных экспериментальных измерений или расчетов, другие могут быть найдены по известным другим параметрам.

Например, по известной диаграмме направленности антенны определяются ширина главного лепестка, уровень боковых лепестков и коэффициент направленного действия [13].

### **3.2. Поляризационные свойства передающих и приемных телевизионных антенн. Проблемы приема сигналов наземного эфирного цифрового телевидения**

По условиям приема антенны подразделяются на четыре категории. Антенны первой и второй категорий предназначены для применения в нормальных условиях приема, антенны третьей и четвертой категорий - для применения в сложных условиях приема в системах ЦТВ.

Под нормальными условиями приема понимают прием сигналов на большей части зоны обслуживания передающей телевизионной станции.

Сложные условия приема характеризуются наличием помех, интенсивных отраженных сигналов и низкой напряженностью полей передатчиков телевизионной станции.

Ширина луча, уровень боковых лепестков диаграммы направленности и коэффициент усиления являются параметрами, определяющими пространственную помехозащищенность антенны. Помехозащищенность характеризует увеличение отношения мощности полезного сигнала к мощности помех на входе приемника по сравнению с ненаправленной (изотропной) антенной.

Если пространственное распределение помех равномерное, то величина помехозащищенности антенны равна ее коэффициенту усиления.

Мешающее действие телевизионному приему оказывают также запаздывающие сигналы, основной причиной появления которых является приход к приемной антенне помимо полезного сигнала эхосигналов, образованных отражениями сигнала от каких-либо местных предметов.

Таковыми предметами могут являться стены и кровля зданий, деревья, линии электропередач и т.п. Проведенные в городских условиях исследования показали, что влияние отражающих поверхностей на уровень эхосигнала неодинаково в зависимости от места их расположения относительно приемной антенны.

Уровень эхосигнала не превышает допустимые значения, если в переднем полупространстве приемной антенны площадь отражающей поверхности не превышает примерно тысячи квадратных метров.

Как было сказано выше, прием телевизионных сигналов в сложных городских условиях зависит от множества различных условий. Их можно отнести как к внешним факторам (рельеф местности, особенности городской застройки и т.п.) так и к факторам, которые можно отнести к особенностям приемного оборудования. И в первую очередь это касается направленных и электрических свойств приемной антенны [14].

Как показывают многочисленные исследования, прием в сложных условиях сопровождается крайне нежелательными процессами. Например, возможны ситуации, когда сигнал в месте приема постоянно меняется в результате влияния внешних факторов. Прежде всего, происходят изменения уровня сигнала и вида поляризации проходящей в антенну волны. Следствием этого является неуверенный прием телевизионных программ.

Особенно ярко это проявляется в системах ЦТВ. Если сигнал неустойчивый, неспособный обеспечить нормальную работу цифрового тюнера, то периодически картинка на экране телевизора «рассыпается», а иногда прием вообще невозможен без изменения ориентации приемной антенны в пространстве (например, требуется перемещение антенны в другое место внутри квартиры, либо ее вынос на крышу здания для обеспечения прямой видимости с передающей антенной) [15].

На рис. 3.5 показана зона уверенного приема сигналов цифрового телевидения стандарта DVB-T/T2. Измерения напряженности поля были проведены в соответствии с государственным стандартом UzDst 2126:2013 «Зона уверенного приема наземного цифрового телевизионного вещания».

Метод определения зоны уверенного приема передающей станции наземного цифрового телевизионного вещания для фиксированного приема включает в себя два этапа. На первом этапе определяют границы зоны покрытия станции наземного цифрового телевизионного вещания, по результатам измерения напряженности поля в запланированных малых зонах.

На втором этапе осуществляется более детальное исследование зоны покрытия: более тщательное обследование тех областей, в которых по результатам проведенных измерений выявлен нестабильный прием сигнала от передающей станции наземного цифрового телевизионного вещания. Как правило, такие измерения проводят в тех случаях, когда эти области приходятся на населенные пункты.

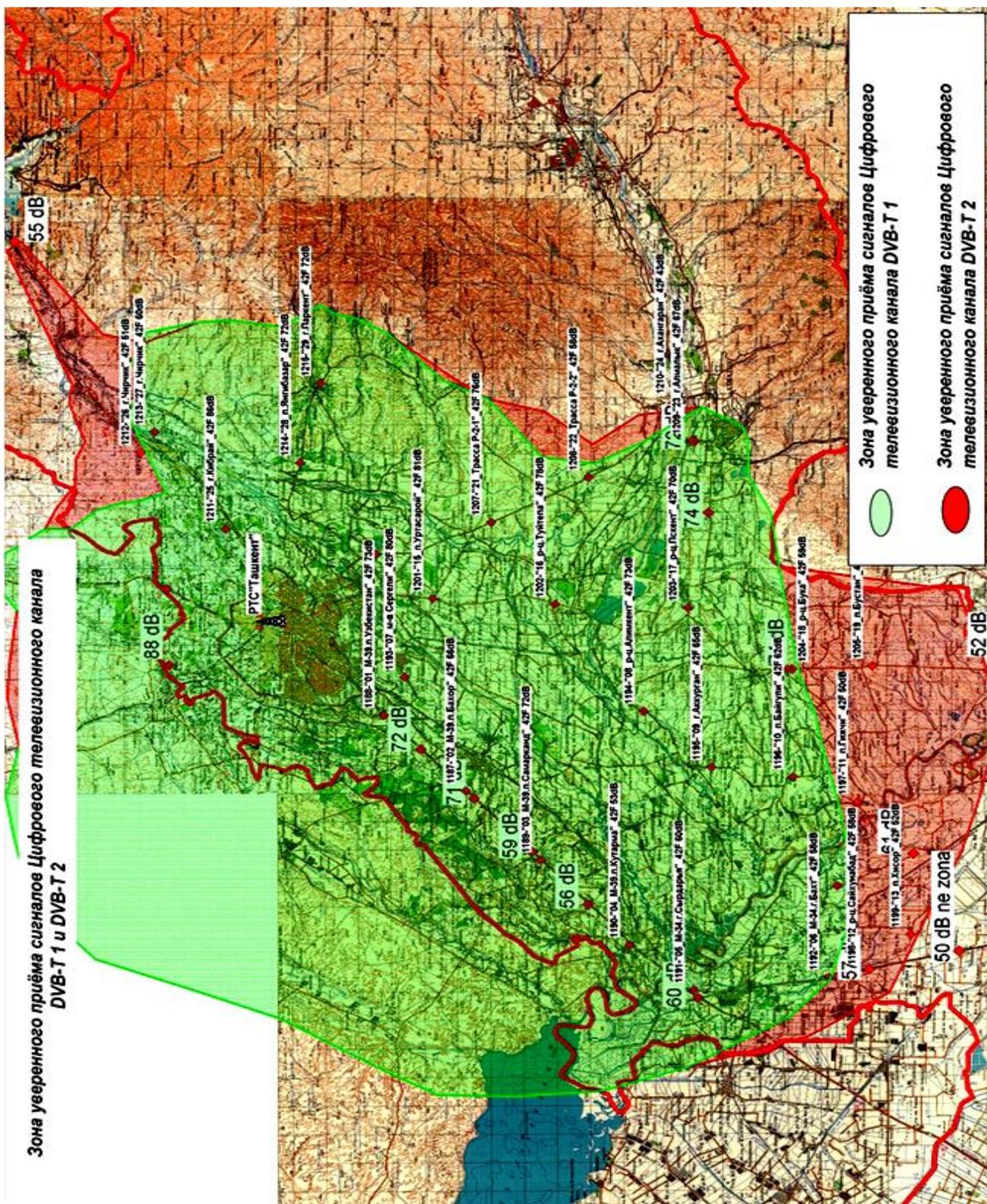


Рис. 3.5. Зона уверенного приёма сигналов цифрового наземного телевидения стандарта DVB-T/T2

Особое внимание при этом следует уделять виду поляризации проходящей в приемную антенну волны. Как известно, в Ташкенте передающие антенны ЦТВ излучают сигналы двух поляризаций – вертикальную в северном направлении и горизонтальную в южном.

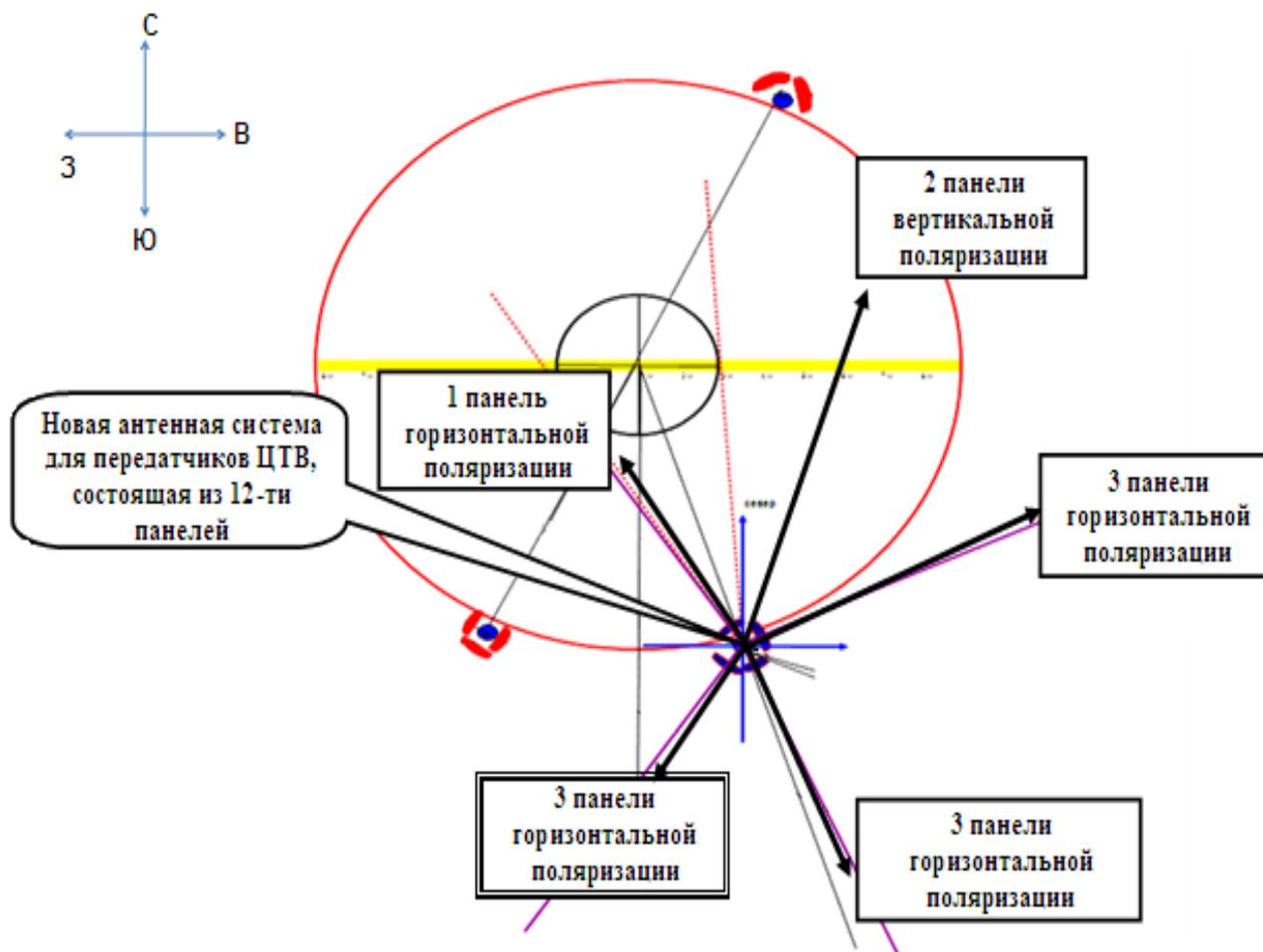


Рис. 3.6. Схематическое размещение 12 панелей на Ташкентской телебашне

В результате, по идее, и приемные антенны в соответствующих направлениях должны быть так же сориентированы. Однако исследования показывают, что в процессе настройки приемных антенн на наилучшее качество приема их можно ориентировать произвольно, вне зависимости от того, какой тип волны излучается в данном направлении [16].

Таким образом, крайне актуальной задачей является выявление закономерностей устойчивости и качества приема сигналов ЦТВ от вида поляризации волны в месте приема и ориентации в пространстве приемной антенны.

А для решения этой задачи требуются исследования особенностей приема ЦТВ в различных районах крупных городов, в том числе и Ташкента.

Особое внимание должно уделяться проведению экспериментов, в ходе которых менялась ориентация приемной антенны в пространстве относительно подстилающей поверхности, т.е. речь идет о виде поляризации приемной антенны.

Полученные результаты должны показать степень зависимости качества приема цифровых телевизионных сигналов от положения приемной антенны.

### **3.3. Исследование влияния вида поляризации приемных антенн на качество приема сигналов наземного эфирного цифрового телевидения**

Специалистами ГУП «ЦЭМС» совместно со специалистами ГУП «ЦРРТ» с использованием мобильной лаборатории провели измерения уровней приема в различных точках Ташкентского региона в соответствии с методикой измерения, изложенной в Государственном стандарте O'zDSt 2126:2013 «Зона уверенного приема наземного цифрового телевизионного вещания. Методы измерения».

Согласно данному стандарту типовой комплекс измерительного оборудования для систем цифрового эфирного вещания стандарта DVB-T/T2 должен включать в себя следующие приборы:

- генератор ТВ цифрового сигнала;
- измерительный цифровой приемник DVB-T/T2;
- анализатор спектра;
- анализатор ТП.

Требования к генератору ЦТВ сигнала следующие:

- генератор должен обеспечивать настройку скорости ТП от 0,5 до 216 Мбит/с;
- генератор должен содержать следующие типы тестовых сигналов: нуль-пакеты, псевдослучайные последовательности, однопрограммный поток, многопрограммный поток, динамические и статические таблицы;
- генератор должен обеспечивать корректировку содержимого, передаваемого ТП: идентификаторы PID, таблицы;
- генератор должен обеспечивать настраиваемый режим «стресса» ТП для проверки устойчивости канального оборудования к помехам;
- генератор должен обеспечивать кодирование Рида-Соломона;
- генератор должен запоминать все введенные настройки сигналов;
- основной интерфейс передачи ТП должен быть DVB ASI;
- дистанционное управление генератором должно осуществляться посредством интерфейса USB или Ethernet.

Измерительный цифровой приемник стандарта DVB-T/T2 должен работать в диапазоне входных частот от 170 до 862 МГц.

Отображению режимов работы ТВ передатчика по стандарту DVB-T соответствует:

- размерность OFDM: 2К, 8К;
- вид первичной модуляции QPSK, 16-QAM, 64-QAM;
- скорость сверточного кодирования: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8;
- защитный интервал: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32.

Отображение режимов работы ТВ передатчика по стандарту DVB-T2:

- размерность OFDM: 1К, 2К, 4К, 8К, 16К, 32К;
- вид первичной модуляции: QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM;
- скорость кодирования: 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6;
- защитный интервал: 1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4.

Необходимые измеряемые параметры:

- уровень входного сигнала;

- отклонение центральной частоты от номинального значения;
- MER (до 40 дБ);
- BER перед декодером Витерби (по стандарту DVB-T);
- BER перед декодером Рида-Соломона (по стандарту DVB-T);
- BER перед декодером LDPC (по стандарту DVB-T2);
- BER перед декодером BCH (по стандарту DVB-T2);
- скорость ТП;
- отображение сигнального созвездия;
- декодер MPEG-2 / MPEG-4;
- наличие ASI;
- интерфейс управления Ethernet.

Оценка зоны уверенного приема (проведение измерений напряженности поля) должна проводиться при работе передающих станций с номинальной излучаемой мощностью.

При выборе мест проведения измерений надо учесть наличия прямой видимости на передающую станцию. Предпочтение следует отдавать местам, свободным от застройки и находящимся на расстоянии не менее 50 метров от крупных металлических конструкций.

При измерении уровней напряженности поля измерительная антенна устанавливается на высоте 10 метров над поверхностью земли. Если такой возможности нет, антенну устанавливают на высоте 1,5 метра, но результаты измерений приводятся к 10 метрам путем добавления поправочного коэффициента, учитывающего потери с уменьшением высоты.

Сразу после измерения определяется медианное значение полученных отсчетов измерений. Данное медианное значение принимается в качестве окончательного результата для данной точки измерения и сохраняется в памяти компьютера или записывается в ранее подготовленную таблицу [17].

Целью проведения данных мероприятий является выбор единого цифрового стандарта эфирного вещания на территории Республики Узбекистан, а также экспериментальное подтверждение преимущества

использования оборудования стандартов DVB-T2 и DVB-T путем полевых испытаний.

Для проведения испытательных работ опытной зоной была выбрана территория Ташкента с телевещательным центром ТашРТТЦ. В данной работе использовался цифровой телевизионный передатчик DTU-52/2R7PQ, DVB-T2 производства компании «NEC».

В ходе проведения измерений была обеспечена поочередная работа 31 ТВК в стандарте DVB-T и DVB-T2 на одну и ту же антенно-фидерную систему, состоящую из 12-ти антенных панелей, размещенных на высотной отметке 225 метров. Измерения уровней приема осуществлялось на различном удалении от Ташкентской телебашни с использованием приемного оборудования мобильной измерительной лаборатории ГУП ЦЭМС.

Данные измерений специалистами ГУП «ЦЭМС» и ГУП «ЦРРТ» изложены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Данные измерений специалистов ГУП «ЦЭМС» и ГУП «ЦРРТ»

Название пунктов	Поляризация	Измерение напряженности поля передатчиков 29, 31, 37 ТВК								
		29 ТВК			31 ТВК			37 ТВК		
		Р, дБ	C/N, дБ	MER, дБ	Р, дБ	C/N, дБ	MER, дБ	Р, дБ	C/N, дБ	MER, дБ
Пост	V	69	39,3	31,2	61,6	39,6	29,4	64,5	42	31
Учкахрамон	H	59,3	34,4	24	56,3	35,6	28,6	66,5	43,5	21,6
Янгибазар	V	26,6	6,6	-	29,6	10,4	-	29,1	9,1	-
	H	68	37	36	71,3	40,8	31,8	67,7	42,8	34,5
Паркент «Дала ховли»	V	23,6	4,6	-	27,6	7,4	-	25,1	5,1	-
	H	56,9	34,1	25,9	63,1	38,6	32,4	54,2	50,5	24,7
Мост Алмалык	V	22,6	3,6	-	25,3	5,4	-	23,1	4,1	-
	H	51,7	33,4	21,1	56,4	36,6	29,1	51,6	30,6	22,7

В рамках данной магистерской диссертации также были проведены исследования зависимости уровня принимаемого сигнала в различных точках Ташкента от вида поляризации приемной антенны.

Исследования было решено проводить в нескольких районах Ташкента, с помощью логопериодической антенны, цифрового тюнера от компании UzDigital TV и телевизора. Приемное оборудование размещалось в городских квартирах, в жилых комнатах.

Ориентировочно места приема были выбраны произвольно от Ташкентской телевизионной башни, где размещены передающие антенны.

В свою очередь, комнаты, где размещалось приемное оборудование, находились в произвольном положении относительно Ташкентской телевизионной башни, соответственно, сложно было предугадать, каков уровень входящего сигнала будет зафиксирован на входе тюнера.

Последовательность эксперимента была следующей:

- включалось приемное оборудование;
- на тюнере включалась одна цифровых телевизионных программ;
- бралась в руку приемная антенна и ориентировалась в комнате на наилучший прием (это определялось по шкале уровня и качества сигнала на тюнере);
- антенна ориентировалась по виду поляризации: горизонтально (вибраторы антенны параллельны полу в комнате), вертикально (вибраторы антенны перпендикулярны полу в комнате), наклонно (вибраторы антенны находятся под углом в 45 градусов к полу в комнате);
- определялся уровень и качество сигнала на входе тюнера для трех случаев ориентации антенны.

Первый эксперимент проводился в Хамзинском районе (массив «40 лет Победы», юго-западное направление к Ташкентской телебашне, рис.3.7).

В таблице 3.2 приведены результаты исследований. Можно увидеть, что вид поляризации приемной антенны влияет на уровень сигнала, причем на некоторых каналах при наклонной поляризации уровень выше, чем при горизонтальной или вертикальной. Следует учесть, что в направлении района, где располагается массив «40 лет Победы» вещается сигнал с горизонтальной поляризацией.

На рис.3.8 приведена фотография изображения на телевизоре, сделанная во время проведения эксперимента. На фотографии можно увидеть шкалу, на которой отображается уровень сигнала на его входе.

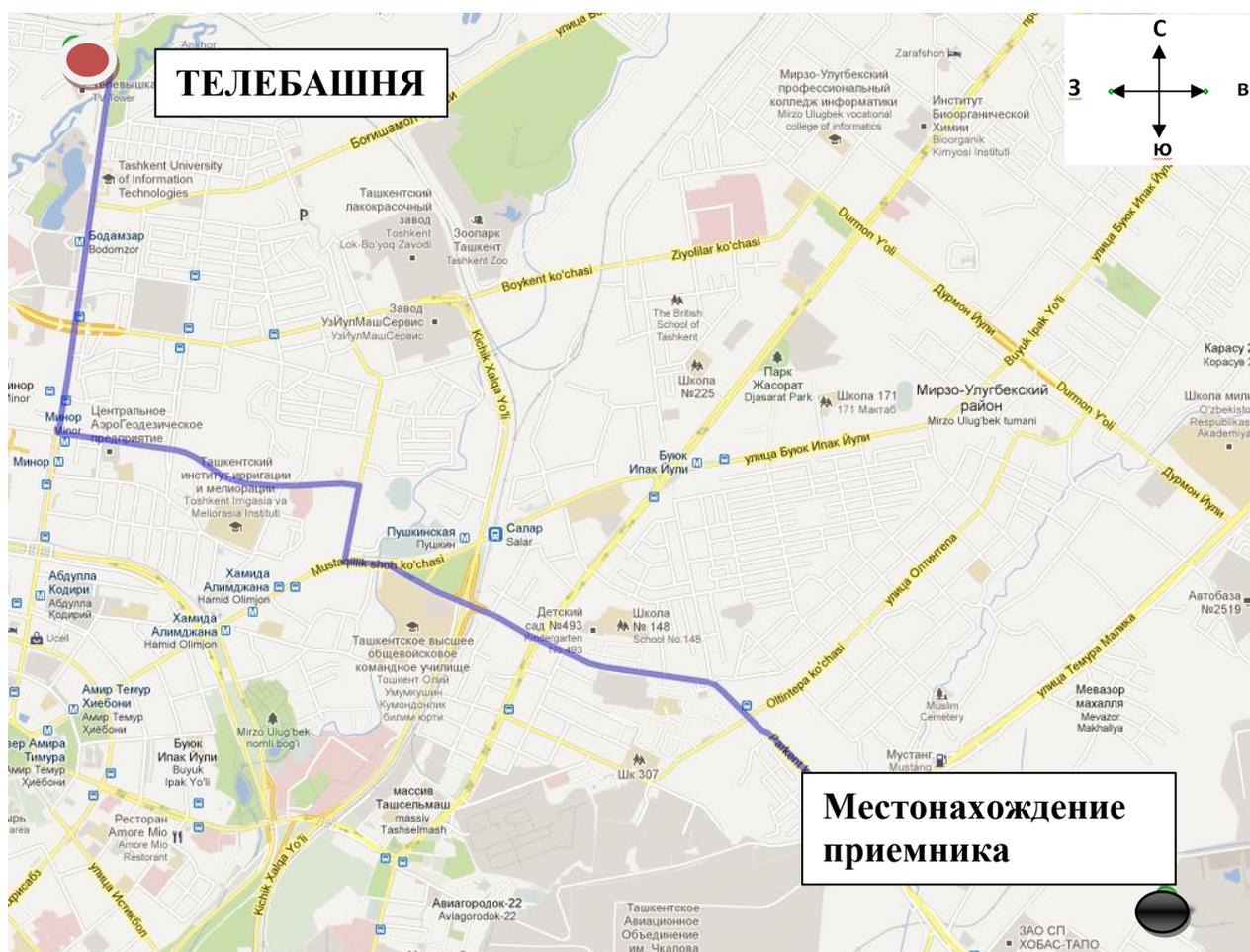


Рис. 3.7. Месторасположение первой экспериментальной точки приема

Таблица 3.2

Уровень сигнала в зависимости от вида поляризации приемной антенны

Вид поляризации	29 ТВК уровень сигнала, %	31 ТВК уровень сигнала, %	37 ТВК уровень сигнала, %
горизонтальная	91	96	93
вертикальная	90	83	78
наклонная	83	100	87



Рис. 3.8. Картинка на экране телевизора в момент проведения эксперимента

Второй эксперимент проводился в Яккасарайском районе (ул. Усмана Насыра, юго-восточное направление к Ташкентской телебашне, рис. 3.9).

В таблице 3.3 приведены результаты исследований. Надо отметить, что в этой местности преобладает горизонтальный вид поляризации. Следует отметить, что в направлении этого района вещание ведется с горизонтальной поляризацией.

На рис. 3.10 приведена фотография изображения на телевизоре, сделанная во время проведения эксперимента.

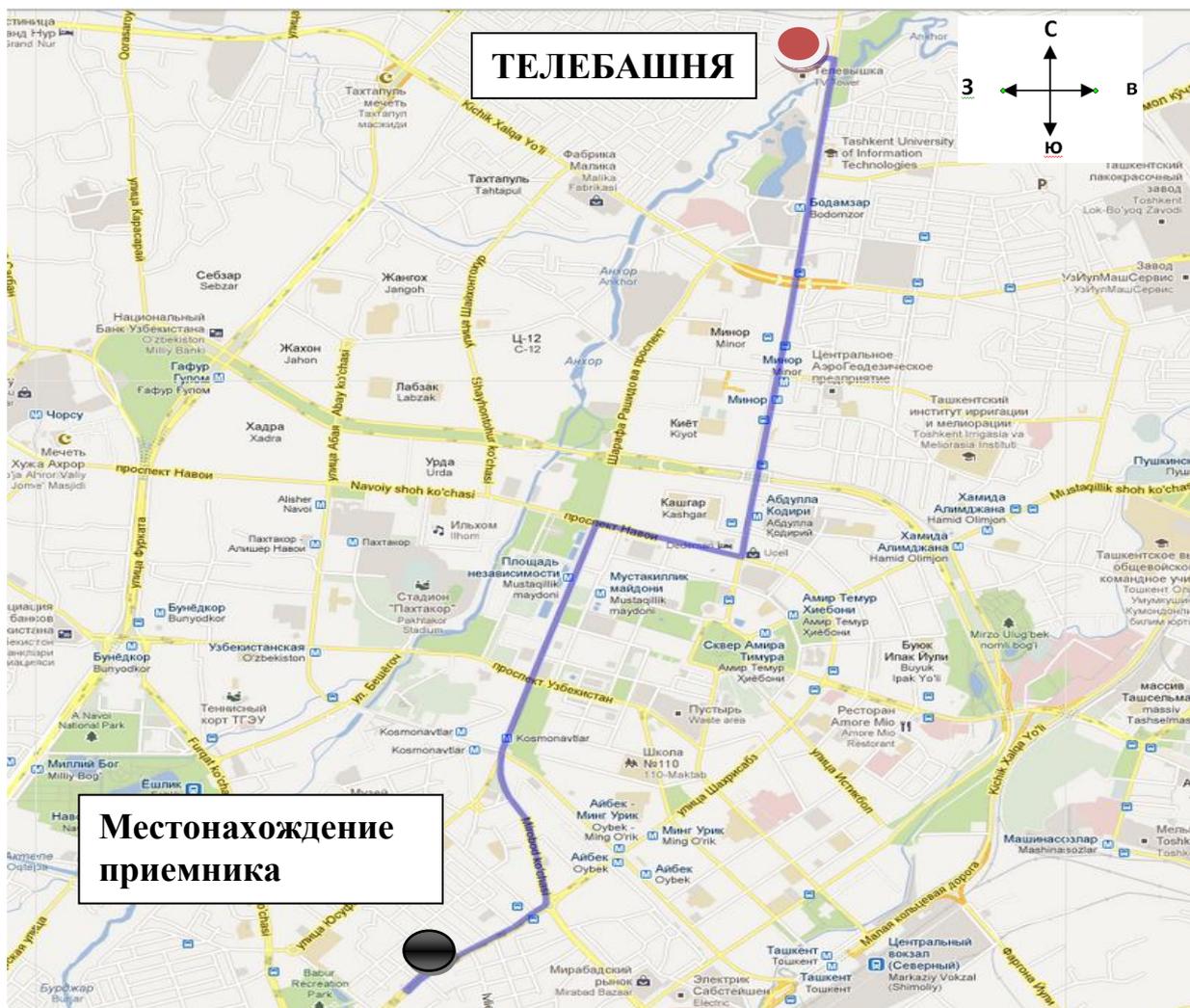


Рис. 3.9. Месторасположение второй экспериментальной точки приема

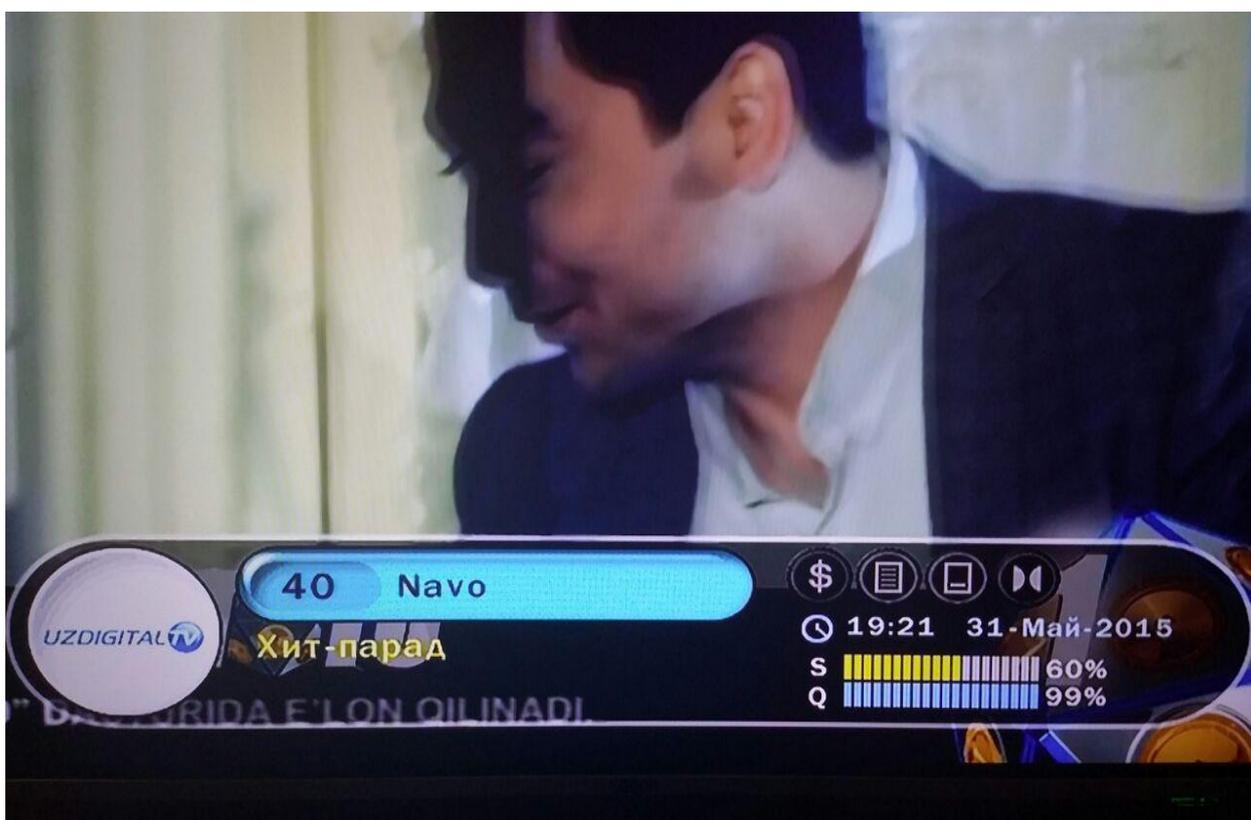


Рис. 3.10. Картинка на экране телевизора в момент проведения эксперимента

Таблица 3.3

Уровень сигнала в зависимости от вида поляризации приемной антенны во второй экспериментальной точке приема

Вид поляризации	29 ТВК уровень сигнала, %	31 ТВК уровень сигнала, %	37 ТВК уровень сигнала, %
горизонтальная	87	95	63
вертикальная	63	55	83
наклонная	62	79	81

Третья экспериментальная точка находилась в Алмазарском районе (массив «Себзар», северо-восточное направление к телебашне, рис. 3.11).

На рис. 3.12 приведена фотография изображения на телевизоре, сделанная во время проведения эксперимента.

В таблице 3.4 приведены результаты исследований. Можно увидеть, что вид поляризации приемной антенны влияет на уровень сигнала, причем на некоторых каналах при вертикальной поляризации уровень выше, чем при горизонтальной или наклонной.

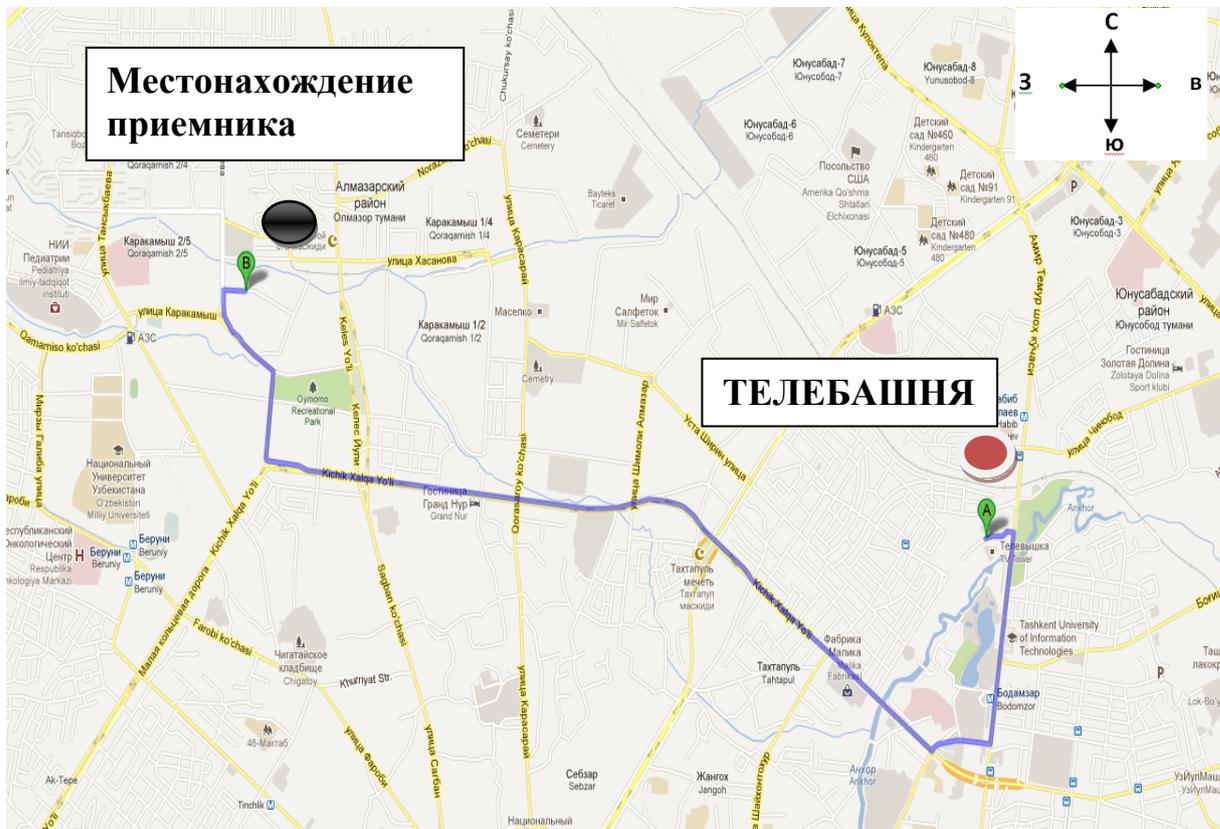


Рис. 3.11. Месторасположение третьей экспериментальной точки приема



Рис. 3.12. Картинка на экране телевизора в момент проведения эксперимента

Таблица 3.4

Уровень сигнала в зависимости от вида поляризации приемной антенны в третьей экспериментальной точке приема

Вид поляризации	29 ТВК уровень сигнала, %	31 ТВК уровень сигнала, %	37 ТВК уровень сигнала, %
горизонтальная	90	86	86
вертикальная	90	94	95
наклонная	88	80	74

Четвертая экспериментальная точка находилась в Мирзо-Улугбекском районе (улица «Чоткол», северо-западное, западное направление к телебашне, рис. 3.13).

На рис. 3.14 приведена фотография изображения на телевизоре, сделанная во время проведения эксперимента. В таблице 3.5 приведены результаты исследований.

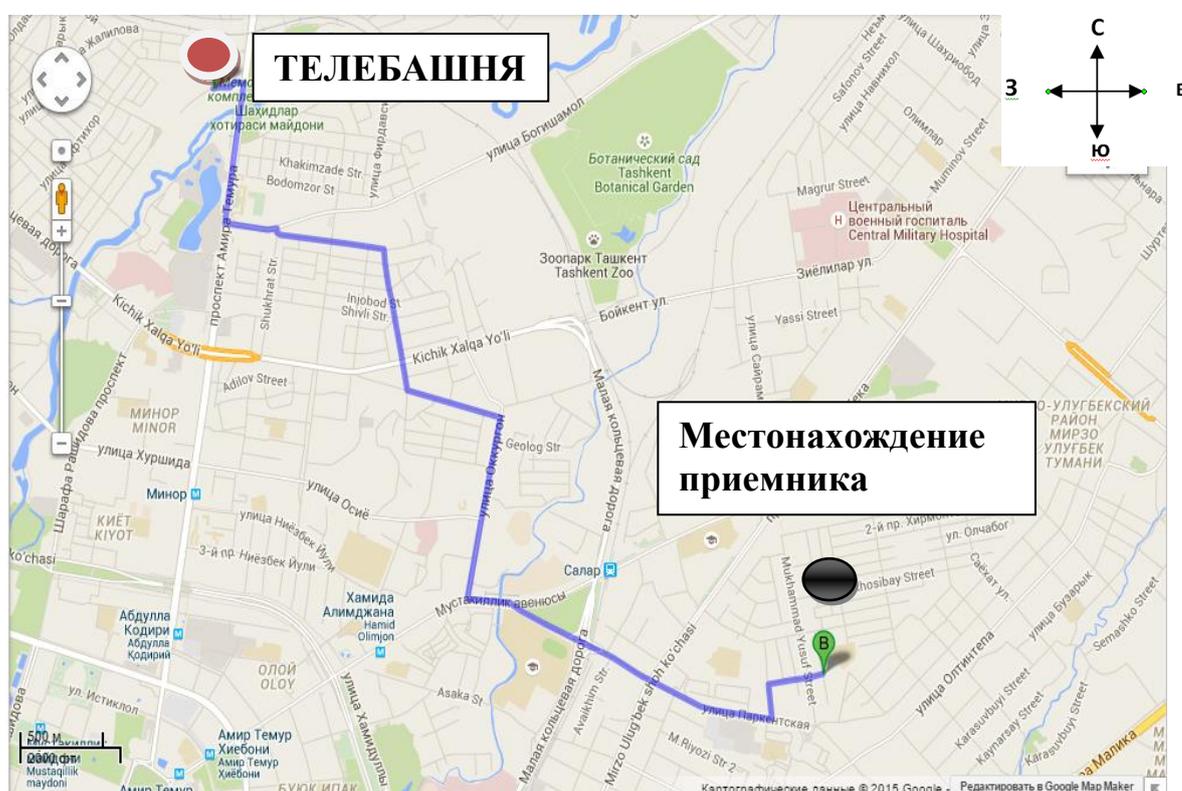


Рис. 3.13. Месторасположение 4-ой экспериментальной точки.

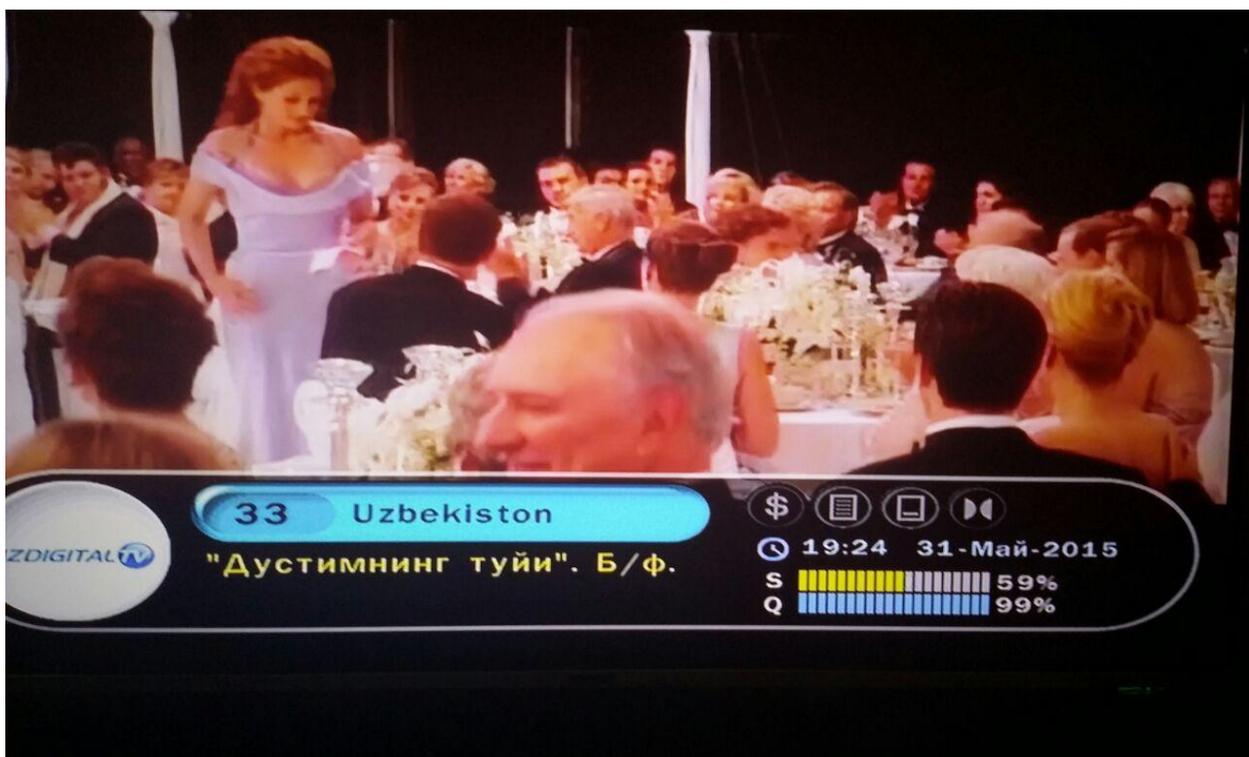


Рис. 3.14. Картинка на экране телевизора в момент проведения эксперимента

Таблица 3.5

Уровень сигнала в зависимости от вида поляризации приемной антенны в четвертой экспериментальной точке приема

Вид поляризации	29 ТВК уровень сигнала, %	31 ТВК уровень сигнала, %	37 ТВК уровень сигнала, %
горизонтальная	91	96	96
вертикальная	60	53	59
наклонная	73	68	63

Пятая экспериментальная точка находилась в Юнусабадском районе (2-ой проезд «Дехконобод», юго-западное, направление к телебашне, рис. 3.15).

На рис. 3.16 приведена фотография изображения на телевизоре, сделанная во время проведения эксперимента.

В таблице 3.6 приведены результаты исследований. По результатам исследований можно сказать, что в этой местности преобладает вертикальная поляризация.

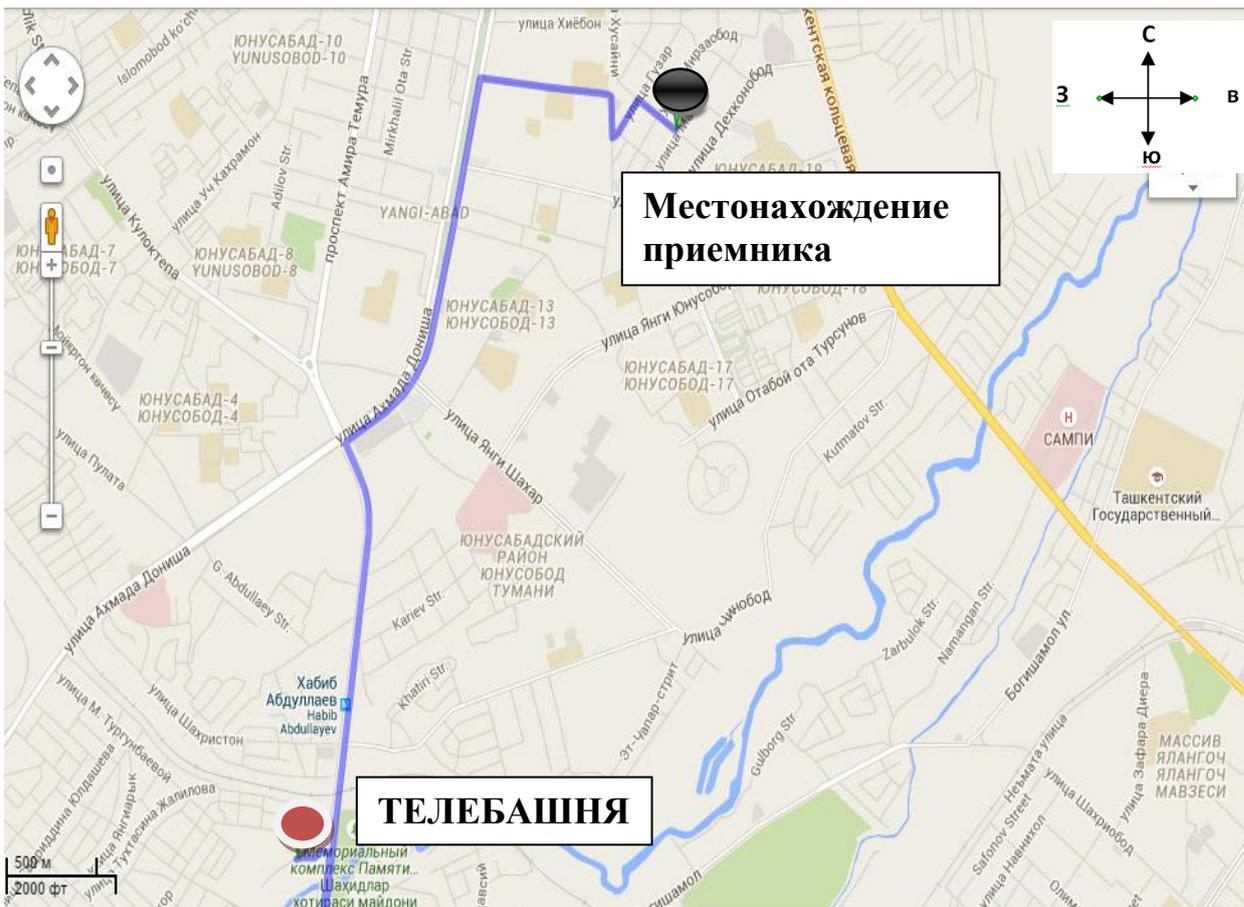


Рис. 3.15. Месторасположение пятой экспериментальной точки



Рис. 3.16. Картинка на экране телевизора в момент проведения эксперимента

Таблица 3.6

Уровень сигнала в зависимости от вида поляризации приемной антенны в пятой экспериментальной точке приема

Вид поляризации	29 ТВК уровень сигнала, %	31 ТВК уровень сигнала, %	37 ТВК уровень сигнала, %
горизонтальная	67	76	53
вертикальная	93	95	89
наклонная	75	83	91

Шестая экспериментальная точка находилась в Чиланзарском районе (улица «Фархадская», северо-восточное, направление к телебашне, рис. 3.17).

На рис. 3.18 приведена фотография изображения на телевизоре, сделанная во время проведения эксперимента. В таблице 3.7 приведены результаты исследований.

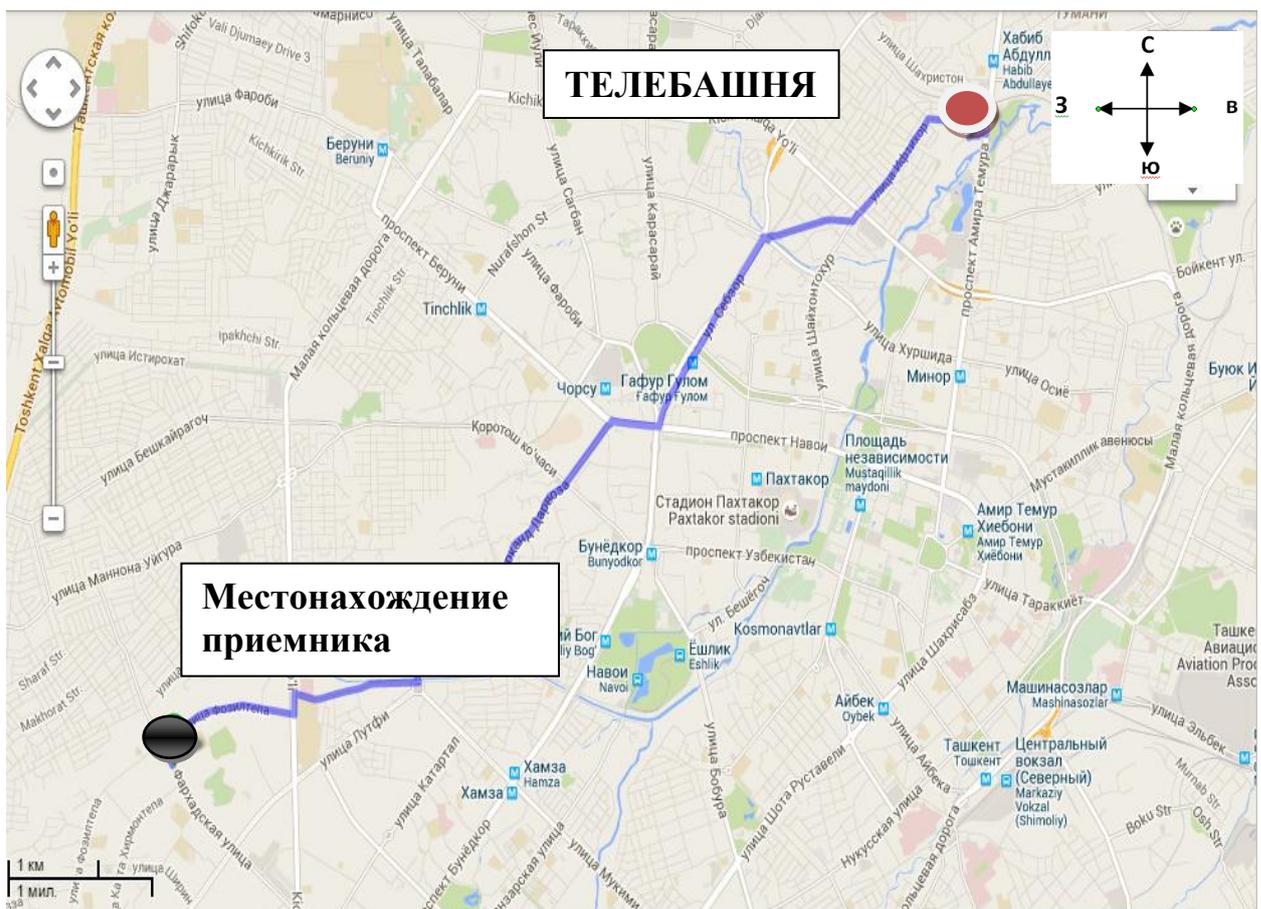


Рис. 3.17. Месторасположение шестой экспериментальной точки



Рис. 3.18. Картинка на экране телевизора в момент проведения эксперимента

Таблица 3.7

Уровень сигнала в зависимости от вида поляризации приемной антенны в шестой экспериментальной точке приема

Вид поляризации	29 ТВК уровень сигнала, %	31 ТВК уровень сигнала, %	37 ТВК уровень сигнала, %
горизонтальная	93	88	95
вертикальная	69	63	73
наклонная	73	76	82

Седьмая экспериментальная точка находилась в Сергелийском районе (Сергели-7, северо-восточное, северное направление к телебашне, рис.3.19).

На рис.3.20 приведена фотография изображения на телевизоре, сделанная во время проведения эксперимента. В таблице 3.8 приведены результаты исследований.

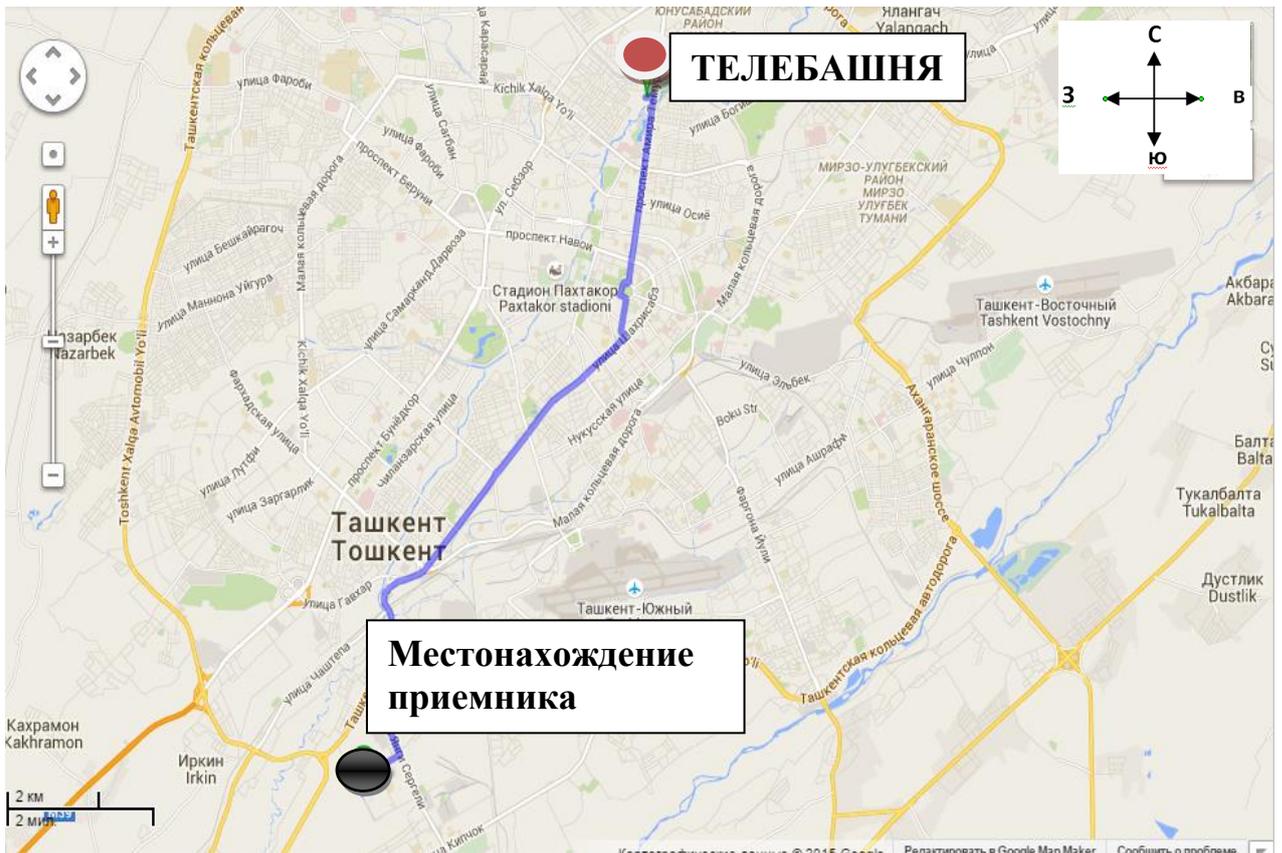


Рис. 3.19. Месторасположение 7-ой экспериментальной точки



Рис. 3.20. Картинка на экране телевизора в момент проведения эксперимента,

Таблица 3.8

Уровень сигнала в зависимости от вида поляризации приемной антенны в седьмой экспериментальной точке приема

Вид поляризации	29 ТВК уровень сигнала, %	31 ТВК уровень сигнала, %	37 ТВК уровень сигнала, %
горизонтальная	69	72	63
вертикальная	42	51	47
наклонная	63	55	53

На момент исследований 7-ой экспериментальной точки отсутствовала прямая видимость на передающую станцию, что и повлияло на уровень принимаемого сигнала. Но при увеличении подвеса приемной антенны можно обеспечить прямую видимость на телевизионную станцию и при этом увеличиться уровень принимаемого сигнала.

На рис. 3.21. месторасположение всех экспериментальных точек на карте. В ходе экспериментов учитывались погодные условия, т.е. на момент моих исследований была солнечная погода, сухие дороги и при возможности наличие прямой видимости на передающую часть, а так же что не менее важно, поляризация передающей части в точки исследований. В таблице 3.9 изложены результаты измерений всех экспериментальных точек.

Обозначения соответствуют таблице 3.9:

Г (горизонтальная) – горизонтальная поляризация;

В (вертикальная) – вертикальная поляризация;

Н (наклонная) – произвольная поляризация, в моем случае вибраторы антенны находились под углом 45 градусов к полу в комнате.

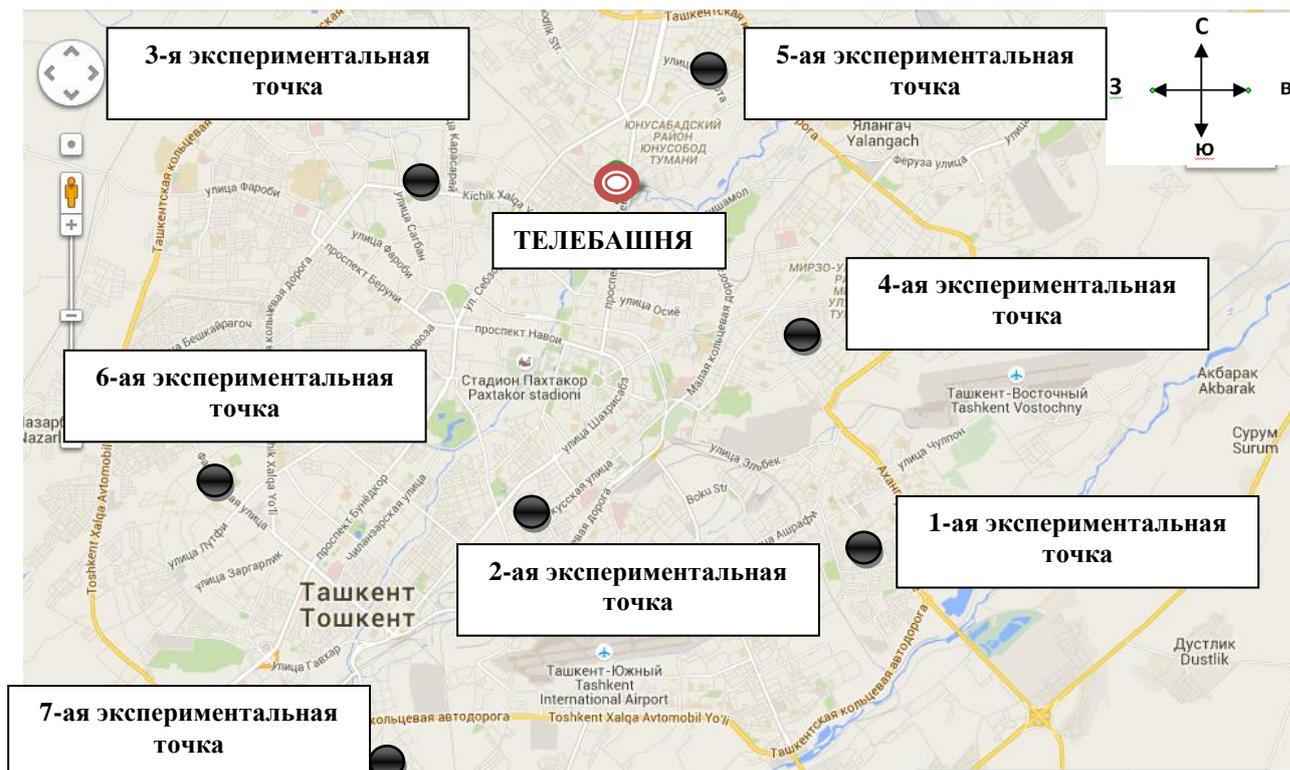


Рис.3.21. Расположение точек исследований вокруг Ташкентской телебашни

Таблица 3.9

Общие результаты измерений экспериментальных точек

№ эксп. точки	29 ТВК			31 ТВК			37 ТВК		
	уровень сигнала, %			уровень сигнала, %			уровень сигнала, %		
	Г	В	Н	Г	В	Н	Г	В	Н
1-ая эксп. точка	91	90	83	96	83	100	93	78	87
2-ая эксп. точка	87	63	62	95	55	79	63	83	81
3-я эксп. точка	90	90	88	86	94	80	86	95	74
4-ая эксп. точка	91	60	73	96	53	68	96	68	63
5-ая эксп. точка	67	93	75	76	95	83	53	89	91
6-ая эксп. точка	93	69	73	88	63	76	95	73	82
7-ая эксп. точка	69	42	63	72	51	55	67	47	53

Проанализировав данные исследований, можно увидеть зависимость уровня принимаемого сигнала от положения приемной антенны относительно поверхности, т.е. пола комнаты (квартиры).

По результатам исследований можно сделать вывод о том, что прием сигналов цифрового телевидения сопряжен с особенностями расположения места, где находится приемное оборудование, и с расположением приемной антенны. Большую роль для получения необходимого уровня сигнала, а значит, для качества приема, играет ориентация приемной антенны в месте приема, т.е. речь идет о поляризации приемной антенны.

При наличии прямой видимости между передающей и приемной антеннами уровень сигнала максимален при совпадении их поляризаций, т.е. если сигнал излучается в вертикальной поляризации, то и приниматься он должен антенной с вертикальной поляризацией.

При отсутствии прямой видимости между передающей и приемной антеннами уровень сигнала зависит от различных факторов, которые необходимо учитывать при установке и настройке приемной антенны.

Следует иметь в виду, что часто в процессе работы приемного оборудования необходима периодическая подстройка приемной антенны, путем изменения ее положения как вокруг своей оси, так и вида ее поляризации, до получения наибольшего уровня сигнала на входе тюнера.

## **ВЫВОДЫ**

В третьей главе данной магистерской диссертации было рассмотрено оборудование, предназначенное для приема эфирного цифрового телевидения.

Приведен обзор проблем, возникающих при приеме наземного эфирного цифрового телевидения.

Проведены исследования, показывающие зависимость уровня принимаемого сигнала в месте расположения абонентского оборудования в различных районах Ташкента от ориентации приемных антенн относительно подстилающей поверхности, т.е. речь идет об их поляризационной характеристике, являющейся одной из важнейшей характеристикой как приемных, так и передающих антенн.

Результаты исследований позволяют судить об эффективности работы системы цифрового наземного эфирного телевидения в тех районах Ташкента, где они были проведены.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной магистерской диссертации рассматривались проблемы, возникающие в процессе приема сигналов ЦТВ в условиях плотной городской застройки. Особое внимание при этом уделялось поляризационным свойствам приемной антенны и их влиянию на качество приема телевизионным программ.

Как показали исследования, проведенные в нескольких различных районах Ташкента, вид поляризации приемной антенны играет большую роль и часто определяет уровень сигнала на входе цифрового тюнера, а значит, влияет на качество приема телевизионных программ, вещаемых Ташкентским телепередающим центром.

В первой главе магистерской диссертации рассматривались особенности цифрового телевидения цели, задачи, а так же особенности других видов цифровых вещаний совместно с наземным цифровым эфирным вещанием, а именно цифрового спутникового и кабельного цифрового телевидения.

Во второй главе рассматривались особенности формирования цифровых телевизионных потоков и их трансляции по эфирным каналам. Проведен обзор передающего оборудования, используемого в системах цифрового телевидения.

В третьей главе ставилась и решалась задача исследования зависимости качества приема цифрового телевидения от вида поляризации приемной антенны, входящей в состав абонентского терминала.

Исследования проводились в различных районах Ташкента, в зоне охвата сигналами цифрового телевидения, вещаемыми с антенного комплекса, размещенного на ТашРТТЦ.

Результаты исследований показывают, что уровень сигнала, а значит, и качество изображения и звука на телевизоре, в различных местах расположения приемного абонентского оборудования в значительной мере

зависит от вида поляризации приемной антенны, т.е. от ее ориентации в пространстве относительно поверхности земли. Это связано с особенностями волновых процессов, происходящих на участке «передающая антенна – приемная антенна». Особенно сильно это проявляется в городских условиях при отсутствии прямой видимости, наличия различных мешающих факторов.

Таким образом, проведенные исследования в рамках данной магистерской диссертации позволяют, в некоторой степени, оценить эффективность работы системы наземного эфирного цифрового телевидения в некоторых районах Ташкента, и дать рекомендации по характеристикам антенн входящих в состав абонентского оборудования.

Особое внимание, при этом, следует уделять поляризационным свойствам приемных антенн при выборе их конструкции, места расположения и настройки для получения максимально устойчивого сигнала, и, значит, качественного изображения на телевизионном приемнике.

## Список литературы

1. Доклад Президента Республики Узбекистан Ислам Каримов на заседании Кабинета Министров, посвященном основным итогам 2014 года и приоритетам социально-экономического развития на 2015 год 19 января 2014 года.
2. Заседание от 17 января 2015 года «Развитие сферы связи, информатизации и телекоммуникационных технологий придает особое внимание» [http://ccitt.uz/ru/press\\_center/news\\_committee/1706/](http://ccitt.uz/ru/press_center/news_committee/1706/)
3. Мамаев Н.С., Мамаев Ю.Н., Теряев Б.Г. «Системы цифрового телевидения и радиовещания». Москва 2006.
4. Карякин В.Л. «Цифровое телевидение». Москва 2013.
5. Эммануил Айфичер, Барри Джервис «Цифровая обработка сигналов. Практический подход». Москва-Санкт-Петербург-Киев 2004.
6. Схемы построения цифровой кабельной сети на базе оборудования PBI [http://www.antenna.nnov.ru/kabeltv\\_oborud\\_pbi\\_digital\\_cable\\_tv.html](http://www.antenna.nnov.ru/kabeltv_oborud_pbi_digital_cable_tv.html).
7. Цифровое телевидение <http://alltec.ru/tsifrovoe-televidenie.html>.
8. NEC: цифровой наземный телевизионный передатчик <http://freeppt4u.com/documents/26064/nec-tsifrovoy-nazemnyy-televizionnyy-peredatchik.ppt>.
9. Телевидение. Цифровые и аналоговые стандарты. <http://sistservice.ru/2010-09-09-08-18-41/8-2010-10-25-17-17-50>
10. Ананич А.В. «Стандарт DVB-T2: новый этап в развитии наземного цифрового вещания» <http://giprosvjaz.by/infresource/?q=node/254486>.
11. Оборудование для приема спутникового телевидения [http://studopedia.net/1\\_29231\\_oborudovanie-dlya-priema-sputnikovogo-televideniya.html](http://studopedia.net/1_29231_oborudovanie-dlya-priema-sputnikovogo-televideniya.html)
12. DVB-T2 приходит на смену DVB-T <http://www.satavto.by/forum/topic12331-80.html>.
13. О спутниковом телевидении <http://svs9038299331.narod.ru/>.

14. Рыженко В.И., Назаров В.И. Телевизионные антенны.  
[http://bookz.ru/authors/vasilii-nazarov/televizi\\_305/1-televizi\\_305.html](http://bookz.ru/authors/vasilii-nazarov/televizi_305/1-televizi_305.html)
15. Антенны для приема телевизионного сигнала.  
<http://nau4im.ru/antenn.html>
16. Особенности приема цифрового наземного телевидения.  
<http://tvzone.ua/info/osobennosti-priema-tsifrovogo-nazemnogo-televideniya>
17. Государственный стандарт О'zDSt 2126:2013 «Зона уверенного приема наземного цифрового телевизионного вещания. Методы измерения».