

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. И. АРАБАЕВА**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА**

Диссертационный совет Д 05.23.689

На правах рукописи
УДК 681.5

МОЙДУНОВ ТАЙРЬ ТОЛОНОВИЧ

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ
ЦИФРОВОГО ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ В КЫРГЫЗСКОЙ
РЕСПУБЛИКЕ**

05.13.06 - автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Ош 2024

Работа выполнена на кафедре сети, связи и системы телекоммуникации Ошского технологического университета и в южном управлении радиорелейными станциями РПО РМТР Кыргызской Республики.

Научный консультант: **Сагымбаев Абдисамат Акимович**, доктор технических наук, профессор кафедры сети связи и системы коммутации Кыргызско-российского славянского университета имени Б.Н. Ельцина

Официальные оппоненты: **Баймухамедов Малик Файзулович**, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Костанайского социально-технического университета имени академика З. Алдамжара, г. Костанай, Республика Казахстан.

Сидиков Исамидин Хакимович, доктор технических наук, профессор кафедры системы обработки информации и управления Ташкентского государственного технического университета имени И. Каримова, г. Ташкент, Республика Узбекистан.

Исмаилов Бактыбек Искакович, доктор технических наук, профессор, директор агентства по аккредитации образовательных программ и организаций в КР.

Ведущая организация: **Кафедра электроники и приборостроения** факультета проектирования компьютерных систем Ферганского политехнического института. (150107, Республика Узбекистан, г. Фергана, ул. Фергана-86)

Защита диссертации состоится 5 апреля 2024 года в 15:00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.23.689 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) технических наук и доктора (кандидата) физико-математических наук при Кыргызском государственном университете им. И. Арабаева и Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова по адресу: 720026, г. Бишкек, ул. Раззакова 51-А, конференц-зал КГУ им. И. Арабаева.

Идентификационный код онлайн трансляции защиты диссертации: <https://vc.vak.kg/b/d05-xy8-8iw-xsw>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского государственного университета им. И. Арабаева, (720026, г. Бишкек, ул. Раззакова 51-А) и Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова (720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66) и на сайте НАК Кыргызской Республики (<https://vak.kg>)

Автореферат разослан 5 марта 2024 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета к.ф.-м.н.



Асанбекова Н.О.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. XXI характеризуется стремительным процессом информатизации общества. При построении информационных сетей стремятся использовать последние технологии в области автоматизации проектирования радиорелейных сетей. Радиорелейная система настоящее время считается самой оптимальной средой передачи радиотелевизионных сигналов на расстояние в КР. Отсутствие модернизации радиотехнических оборудования на радиорелейных станциях (РРС), не отвечает современным требованиям качества работы РРС, что, в свою очередь, снижает эффективность работы этой системы.

Около 94 процентов Кыргызстана - горы, примерно половина площади - выше 1500 м над уровнем моря. Из них 41 процент относится к суровым высокогорьям, расположенным выше 3000 м. На территории Кыргызской Республики функционирует 63 радиорелейных станции (РРС), из которых на 48 РРС, кроме радиорелейного оборудования, обеспечивающего раздачу видео и аудиосигналов, установлено также телерадиовещательное оборудование.

Из-за суровым высокогорным условиям, обслуживания, мониторинг, контроль, охрана радиорелейных станции для ОАО РПО РМТР становится более сложным, и затрата на содержание персонала увеличивается. В данной работе за счет использования средств информационных технологии, совершенствуется процессы автоматизации радиорелейных станции и сокращаются эксплуатационные расходы.

Решение проблемы автоматизации РРС является весьма *важным и актуальным*.

В диссертации изложены опубликованные, апробированные и внедрённые в практику научные положения автоматизации радиорелейных станции на основе современных технологических платформ. Исследование базируется на трудах по разработке и исследованию систем автоматизации в радиорелейных станциях. Этим вопросам занимались и уделили внимание: Павленко А.И., Рябов С.Н., Клейменов С.А., Норенков И.П., Капустин Н.Б., Фролов В.Н., Львович Я.Е., Донец, А.М., Маничев В.Б., Пивоваров И.Ю., Алексеев О.В., Holma H., Drunner C., Garavaglia A., Chevagliera A.

Связь темы докторской диссертации с приоритетными научными направлениями и государственными научными программами.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры, сети связи и системы телекоммуникации Ошского технологического университета.

Основные результаты диссертации получены в ходе выполнения Государственных программ, включенных в приоритетные научные направления и финансируемых РПО РМТР КР:

- НИР на тему “Разработка пожарно-охранной системы удаленного доступа по технологии Ethernet для РРС-59” (МЦР КР, 2019-2021 гг.).

Цель исследования. Основной целью является разработка и внедрение цифрового телерадиовещания, управления радиочастотного спектра и автоматизация РРС на основе современных технологических платформ.

Задачи исследования. На основе системного подхода, предстояло решить следующие научно-технические задачи, имеющие важное экономическое значение:

- 1) изучить управления радиочастотного спектра и частотный план для цифрового телевидения;

- 2) рассчитать построение сетей телевизионного вещания в стандарте DVB-T2 в Нарынской области и исследовать электромагнитную совместимость цифрового телерадиовещания;

- 3) исследовать принципы сосуществования цифрового наземного телевидения и мобильного широкополосного доступа в КР;

- 4) разработать платформы управления использованием спектра для обеспечения совместного использования радиочастотного спектра;

- 5) внедрить автоматизацию РРС в реальном режиме времени с применением современных технологических платформ.

Научная новизна работы. Разработаны научно-технические основы автоматизации РРС в реальном режиме времени с применением современных технологических платформ:

- разработаны различные подходы по методу исследования расчетов электромагнитной совместимости цифрового телевидения и сетей беспроводной широкополосной связи;

- предложено построение сетей цифрового телевизионного вещания в стандарте DVB-T2 и расчеты ее расходов на модернизацию на примере Нарынской области;

- исследованы методы и принципы сосуществования цифрового наземного телевидения и мобильного широкополосного доступа;

- предложены платформы управления радиочастотного спектра при внедрении цифрового телерадиовещания и технологий беспроводной широкополосной связи;

- впервые внедрена автоматизированная система на основе микропроцессорных устройств в РПО РМТР ЮУРС.

Практическая значимость полученных результатов. Все основные результаты диссертации имеют значительную практическую ценность.

Разработанные платформы управления радиочастотным спектром. Расчеты построения сетей цифрового телевидения и разработанная система автоматизация на основе микропроцессорных устройств и была внедрена в РПО РМТР ЮУРС.

Результаты автоматизации реализованы на практике и данный момент работают на следующих РР станциях:

1. РРС-59 станция расположена на горе Бели-Сынык, севернее с. Бешкент Баткенской области;
2. РРС-50 Таш-Кумыр верхний;
3. РРС-66 Чон-Алайский район;
4. РРС-24 Аскынский район.

Методы математического моделирования в прикладных задачах внедрены в учебный процесс кафедры ССиСТ ОшГУ им. М.М. Адышева.

Экономическая значимость полученных результатов. Экономическая значимость полученных результатов подтверждаются экономическими эффективностями работы РР станции после исследования расчетов электромагнитной совместимости цифрового телевидения и их автоматизация.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Управления радиочастотного спектра и частотный план для цифрового телевидения;
2. Расчеты построения сетей телевизионного вещания в стандарте DVB-T2 в Нарынской области и проектируемой сети беспроводного доступа на территории г. Бишкек и его пригорода;
3. Принципы сосуществования цифрового наземного телевидения и мобильного широкополосного доступа в КР;
4. Платформы управления использованием спектра для обеспечения совместного использования радиочастотного спектра;
5. Автоматизация РРС в реальном режиме времени с применением современных технологических платформ.

Личный вклад диссертанта состоит в проведении самостоятельных исследований, в получении научных результатов, их анализе и формулировании выводов, на основе которых выполнены исследования. Формулировка общей цели работы, постановка научно-технических задач, общая методология исследования принадлежат научному консультанту профессору Сагымбаеву А.А.

Апробация диссертационной работы.

Основные *результаты работы* докладывались и обсуждались:

- на научно-практических конференциях в Ошском технологическом университете;

- на региональном семинаре Международного союза электросвязи (МСЭ) для стран СНГ «ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦИФРОВОГО ТВ-ВЕЩАНИЯ В СТРАНАХ СНГ» (Москва, Россия. 16-18 февраль 2016 г.);

- на XXIII международной научно-практической конференции «НАУКА СЕГОДНЯ» ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА, ИННОВАЦИИ. (Россия, Москва 01.10.2017);

- на международной научно-практической конференции «НАУКА СЕГОДНЯ ИСТОРИЯ и СОВРЕМЕННОСТЬ» (Россия, г. Вологда, 31 октября 2018 г.);

- на XLI международной научно-практической конференции «INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH 2018» (Россия, Москва 23.11.2018);

- на международной научно-практической конференции «НАУКА СЕГОДНЯ ИСТОРИЯ и СОВРЕМЕННОСТЬ» (31 октября 2018 г., г. Вологда)

- на II региональной научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и аспирантов (20 март 2019 год г. Ош);

- на XXXV - Международной научной конференции «Математические Методы в технике и технологиях» ММТТ-35, 30 мая – 03 июня 2022 г., ЯГТУ, ЯрГУ, Академия Пастухова, Ярославль,

- на международной научно-практической конференции «НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ: ИННОВАЦИИ И СОТРУДНИЧЕСТВО» посвященной 60-летию Ошского технологического университета имени М.М. Адышева (20 октября 2023 года г. Ош);

- на международной научно-практической конференции «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ В РАЗВИТИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОТРОСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ ОБЛАСТЕЙ НАНОФИЗИКИ И ФОТОЭНЕРГЕТИКИ» Наманганский инженерно-технологический институт г. Наманган Республики Узбекистан, 26-27 октября 2023 г.

Опубликовались в научных журналах:

- «UNIVERSUN» технические науки (Россия, Москва, Ноябрь 2016г.);

- «ИЗВЕСТИЯ» ОшТУ (1/2017, 3/2017, 4/2017, 1/2018, 3/2019);

- «ВЕСТНИК СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ» (Россия, г. Омск, №11(26), 2018г.);

- «НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ СЕГОДНЯ» (Москва. Россия № 5 (40), 06.05. 2019);

- «ВЕСТНИК НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ» (Москва, Россия. 2021. №1 (104). Часть 1.);

- Web of Science: No 90 (2022) Vol. 1 Sciences of Europe (Praha, Czech Republic), ISSN 3162-2364 The journal is registered and published in Czech Republic;

- «Наука. Образование. Техника» Кыргызско-Узбекского Международного университета имени Батыралы Сыдыкова, № 2, 2023 ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ.

- Scopus: Journal of the Balkan Tribological Association, TRAKYA UNIV BALKAN YERLESESI ENSTITULER BINASI, Trakya Universitesi Rektörlüğü BalkanYerleskesi, ЭДИРНЕ, Турция, 22030. Content of Issue 6, Volume 29, 2023

Полнота публикации результатов. Результаты исследований и положения, отражающие основное содержание диссертационной работы, опубликованы в 25 научных работах из них 17 - в научных журналах, индексируемых системами РИНЦ, 6 - в сборниках международных научных конференциях, 2 - в международных семинарах, 1 - в журнале Web of Science, 1 - в журнале Scopus и получен 1 авторское свидетельство.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов, общий объем работы 214 страниц, содержит 45 рисунков, 19 таблиц и 117 наименований списка использованных источников, а также из приложения, содержащих акты о внедрении результатов на автоматизацию РРС.

Автор выражает глубокую признательность научному консультанту профессору А.А. Сагымбаеву и доценту М. Джылышбаеву за совместную научную работу, а также членам кафедры сети связи и систем телекоммуникации ОшТУ за ценные советы при работе над диссертацией и обсуждении результатов исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности поставленной научной проблемы, определена направленность ее результатов и рассмотрено логическое построение работы по главам. Управления радиочастотным спектром, электромагнитная совместимость цифрового телевидения, принципы сосуществование цифрового наземного телевидения и мобильного широкополосного доступа и автоматизация РРС на основе современных технологических платформ является весьма острой и до сих пор не нашла своего решения в большинстве технических задач.

Первая глава диссертационной работы посвящена вопросам спектральной эффективности, лицензирования деятельности в области телекоммуникации, частотный план и выделение радиочастотного ресурса для развития технологий интернета вещей и межмашинной радиосвязи.

Основные критерии оценки коэффициента использования спектра и спектральной эффективности. Радиочастотный спектр является ограниченным природным ресурсом, имеющим большое экономическое и социальное значение и потребность использования спектра быстро, возрастает.

Много различных факторов, таких как использование различных полос частот для отдельных радиослужб, соответствующие методы управления использованием спектра для сетей в этих службах, технические характеристики передатчиков, приемников и антенн, используемых в службах и т. д., существенно влияют на эффективность использования спектра и что путем их оптимизации, особенно применительно к новым и улучшенным технологиям, можно достичь значительной экономии спектра.

Мировая практика лицензирования деятельности в сфере телекоммуникаций, в том числе в странах СНГ. Лицензирование - это комплекс мероприятий, связанных с выдачей и переоформлением лицензий, осуществлением контроля лицензиаров за соблюдением лицензиатами соответствующих требований, приостановлением и возобновлением действия лицензий, лишением лицензий, а лицензия - это разрешение, выдаваемое соответствующим лицензиаром физическому или юридическому лицу на занятие отдельным видом деятельности. Такие определения даны в Законах каждой страны «О лицензировании».

На многих национальных телекоммуникационных рынках лицензирование было введено сравнительно недавно. Исторически сложилось, что на большей части рынков услуги электросвязи предоставлялись действующими операторами-монополистами, находящимися в государственной собственности. Электросвязь рассматривалась как часть системы государственного управления наряду с почтовой службой, транспортными перевозками и другими государственными службами, поэтому необходимости в лицензиях не было.

Поскольку лицензирование как процесс выдачи документов, разрешающих тот или иной вид деятельности, являлся ранее и все еще остается центральным элементом государственного регулирования, то, учитывая его важность, рассмотрим данный аспект государственной деятельности применительно к сфере телекоммуникаций, включающей и телерадиовещание подробнее.

Важнейшим аспектом регулирования является определение структуры рынка электросвязи, в частности, числа операторов, имеющих лицензии на предоставление телекоммуникационных услуг. Во многих странах основная цель лицензирования новых телекоммуникационных операторов - усиление конкуренции. Благодаря лицензированию новых операторов конкуренция стала основной чертой некоторых рынков электросвязи (например, сотовая

связь, услуги Интернета), но не всех. В частности, это не распространилось на рынок базовых услуг.

Важнейшая цель лицензирования на многих рынках заключается в обеспечении жизнеспособности новых конкурентоспособных участников рынка, а также преимуществ для потребителей в связи с их присутствием на рынке.

Частотный план «Женева-2006» для района 1, в том числе для Кыргызской Республики. При планировании цифрового Плана, территория Кыргызской Республики была разделена на 10 зон и для каждой зоны были спланированы цифровые ТВ каналы на уровне частотного выделения. При этом, необходимо отметить, что Кыргызская Республика получила достаточный частотный ресурс для цифрового вещания, за исключением части территории Баткенской области, находящейся на стыке 3-х стран (Кыргызстан, Таджикистан и Узбекистан), в любой другой зоне Кыргызстан имеет не менее 15 покрытий. В части территории Баткенской области, указанной выше, Кыргызстан имеет 14 покрытий.

Вторая глава диссертации посвящена материалам и методам исследования, в том числе расчетам электромагнитной совместимости цифрового телевидения.

Анализ электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств радиовещательной и подвижной служб в полосах частот 694–790 мГц и 790–862 МГц в Кыргызской Республике. Технологическая эффективность использования частотного спектра стала в настоящее время важным научно-прикладным направлением. Поскольку она зависит от методов сжатия и параметров схемы модуляции при передаче сигнала, после перехода на цифровое вещание за счет более эффективного использования радиочастотного ресурса можно ожидать высвобождения некоторого количества спектра, который может быть применен появившимися за последнее время наиболее перспективными, востребованными, социально значимыми и прибыльными способами.

В данном разделе рассматриваются возможности использования первого и второго цифровых дивидендов. Определены возможные пути возникновения взаимных помех, по результатам проведенных анализов электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств радиовещательной и подвижной служб. Дана оценка значимости и перспективности использования полос частот 694–790 и 790–862 МГц в Кыргызской Республике.

Под определением “цифровой дивиденд” обычно подразумевается некоторая часть радиочастотного спектра в диапазонах 174–230 МГц и 470–862 МГц, которая может быть освобождена при переходе на цифровое телевидение. Такая возможность связана с тем, что для передачи одинакового

количества программного контента в цифровом формате требуется в несколько раз меньшее количество частотного ресурса: в одном телеканале может передаваться до 8–9 телепрограмм.

Построения сетей телевизионного вещания в стандарте DVB-T2 и расчет ее расходов на модернизацию в Нарынской области Кыргызской Республики.

Наземное радиовещание использует атмосферу для доставки сигнала между передатчиком и приемником. Для различных каналов распространения характерна статистическая пространственная и временная изменчивость напряженности поля. Если сравнивать статистику изменения полезного поля как функции времени, то оказывается, что это изменение существенно мало по сравнению с изменением полезного поля как функции места.

В общем случае на прием любого сигнала, в том числе цифрового, влияет множество источников помех. Это могут быть другие полезные сигналы, а также помехи атмосферного, промышленного и иного происхождения. Их влияние есть величина случайная, поэтому для оценки суммарного воздействия надо анализировать группы сигналов по их источникам, используя при этом статистические методы.

Данные методы применимы для исследования (прогнозирования) изменения полезного поля и как функции времени, и как функции места. Но, как правило, эти исследования принято проводить разными способами: в первом случае используют табличные данные о распространении, при этом уровни напряженности поля указаны для определенных процентов времени. Данные по месту исследуются на основании графиков напряженности поля, полученных с использованием известных моделей распространения.

Применен действующий на сегодня общепринятый метод прогнозирования распространения для сигнала цифрового наземного телевидения, изложенный в Рекомендации МСЭ-R P.1546. Используются результаты статистического анализа экспериментальных данных по прогнозу напряженности поля наземной трассы от передатчика до зоны покрытия в графическом и табличном виде. Прогнозирование осуществлено на примере модели распространения радиоволн на дальние и средние дистанции. В расчетах использованы такие входные данные, как частота сигнала, высота антенны передатчика и приемника, тип местности и мешающие источники на пути распространения.

Входные параметры и их диапазоны, приведенные в Рекомендации МСЭ-R P.1546, позволяют достичь определенной достоверности метода: процент местоположений от 1 до 99%; диапазон частот от 30 до 3000 МГц;

процент времени от 1 до 50%; расстояние от 1 до 1000 км; эффективная высота передающей антенны до 3000 м. При использовании метода данные о рельефе местности повышают точность прогнозирования. Если база данных о рельефе имеется и доступна, то производят корректировку прогноза с помощью поправок. Например, возможно рассчитать поправку для отражений от типовых объектов по месту приема, поправку на тип трассы, поправку для тропосферного рассеяния.

Процедура применения модели следующая.

В прогнозировании применены экспериментальные данные для различных регионов с умеренным климатом и сухопутными или морскими трассами распространения. Это сведения о значениях напряженности поля, приведенных к Э.И.М. 1 кВт. Они представлены в табличном и графическом виде и представляют собой наборы значений напряженности поля, величина которых больше в течение 50, 10 и 1% времени для 50% мест приема в границах некоторой зоны, часто имеющей определенную площадь, например, 100 м на 100 м. Такие зоны называют испытательными. Массив экспериментальных данных определен для набора номинальных частот, значений высоты антенн (передающей и приемной), различных трасс распространения над землей или над морем.

На основании этих статистических данных способами интерполяции и экстраполяции (прогнозирование поведения функции по наличию конечного числа ее значений) сделан прогноз напряженности поля. Прогнозирование осуществлено с применением поправок для различных путей распространения, в зависимости от высоты антенны, для различных географических регионов, разных частот, процента времени, местоположений и размеров зон.

Далее напряженность поля, рассчитанная для Э.И.М. 1 кВт, преобразована в эквивалентные основные потери передачи. Эта величина нормирована в зависимости от архитектуры сети, деталей проекта.

Выбор метода в случае расчета конкретной сети зависит от наличия договоренности между администрациями связи о применении конкретной Рекомендации, наличия базы по рельефу местности, анализа сравнения расчетов с данными натурных измерений при применении конкретной методики.

Для расчетов построения сети телевизионного вещания в стандарте DVB-T2 в Нарынской области Кыргызской Республики применена упрощенная методика, адаптированная под конкретный регион, учитывающая данные о рельефе. Для определения полной зоны обслуживания цифрового телевизионного передатчика применен метод предсказания для азимутальных направлений через каждые 50 градусов.

Ниже следующие расчеты, выбор параметров и формул выполнены в соответствии с Рекомендациями МСЭ-R P.1546.

Исходные данные проектируемой станции Ала-Мышык представлены в Таблице 2.1.

Таблица 2.1. Исходные данные для станции Ала-Мышык.

Наименование станции	Ала-Мышык
Географические координаты	75°52'18"ВД, 41°24'51"СШ
Высота над уровнем моря	2420 м
Высота подвеса передающей антенны Нант	13
ТВ канал	36 (средняя частота 594 МГц)
Ширина полосы	8 МГц
Мощность передатчика	1000 Вт
Коэффициент усиления антенны (G)	7.8 дБ
Потери в фидере (η)	2 дБ
Направленность антенны	Не направленная

Для определения медианной напряженности поля применено правило интерполяции, рекомендованное в Региональном соглашении [6] и выраженное формулой

$$E_{med}(f) = E_{med}(f_r) + Corr, \text{ дБ(мкВ/м)} \quad (2.1)$$

где: $E_{med}(f)$ – медианная напряженность поля фактической частоты; $E_{med}(f_r)$ – медианная напряженность поля эталонной частоты; f – фактическая частота; f_r – эталонная частота; $Corr = 20\log(f/f_r)$ – поправка на фактическую частоту.

В качестве эталонных значений выбраны рекомендованные в Региональном соглашении для зоны 1, к которой относится Кыргызстан, значения: $f_r = 500$ МГц (эталонная частота диапазона VI/V); $E_{med}(f_r) = 52$ дБ (мкВ/м). Фактическая частота при расчете принята равной 594 МГц, т.е. средней частоте 36-го телевизионного канала.

Рассчитанная величина поправки $Corr$ составила:

$$Corr = 20\log(594/500) = 1.49 \text{ дБ}$$

Величина медианной напряженности поля $E_{med}(f)$:

$$E_{med}(f) = 52 + 1.49 = 53.49 \text{ дБ}$$

Согласно результатам приведенного расчета, медианная напряженность поля частоты 594 МГц, которая является средней частотой 36-го телевизионного канала, используемого на станции Ала-Мышык, составила 53.49 дБ мкВ/м (Рисунок 1).

Далее выполнен расчет методом предсказания распространения в соответствии с рекомендацией МСЭ-Р 1546 [15].

Для определения эффективно излучаемой мощности (ЭИМ) применена следующая формула:

$$P_{эим} = 10 \log P_{п} + G - L, \text{ дБВт} \quad (2.2)$$

где: L - потери в антенно-фидерном тракте; $P_{п}$ - мощность передатчика; G - коэффициент усиления антенны:

$$P_{\text{эм}} = 10 \log 1000 + 7,8 - 2 = 35,8 \text{ дБВт}$$

используя табличные значения из Рекомендаций МСЭ-R P.1546, определяются ближайшее меньшее d_{inf} и ближайшее большее d_{sup} к прогнозируемому расстоянию d номинальные расстояния. Если требуемое значение d совпадает с табличным, его принимают как более низкое номинальное расстояние, интерполяция при этом не нужна.

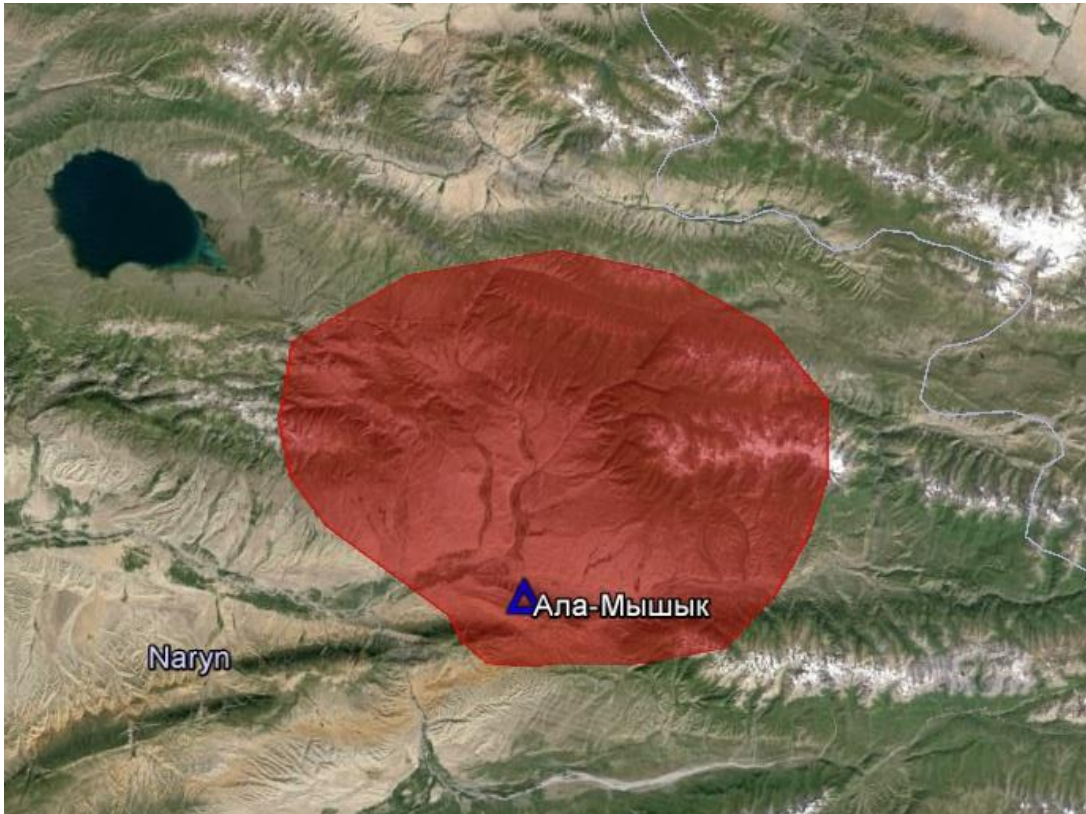


Рисунок 2.1. Медианная напряженность поля частоты 594 МГц

Учитывая вышеизложенное, интерполяция напряженности поля в зависимости от расстояния для нижней частоты:

$$E_{\text{нч}} = E_{\text{inf}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) \log (d/d_{\text{inf}})/\log (d_{\text{sup}}/d_{\text{inf}}), \text{ дБ(мкВ/м)} \quad (2.3)$$

где: d - прогнозируемое расстояние; d_{inf} - расстояние, ближайшее меньшее прогнозируемого (Таблица 1 Приложение 1); d_{sup} - расстояние, ближайшее большее прогнозируемого; E_{inf} - напряженность поля для меньшего расстояния d_{inf} (для $f = 100$ МГц); E_{sup} - напряженность поля для большего d_{sup} (для $f = 100$ МГц).

$$E_{\text{нч}} = 22 + (20 - 22) \log (48/45)/\log (50/45) = 20 \text{ дБ(мкВ/м)}$$

Интерполяция напряженности поля в зависимости от расстояния для верхней частоты:

$$E_{\text{вч}} = E_{\text{inf}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) \log (d/d_{\text{inf}})/\log (d_{\text{sup}}/d_{\text{inf}}), \text{ дБ(мкВ/м)} \quad (2.4)$$

где: d - прогнозируемое расстояние; d_{inf} - расстояние, ближайшее меньшее прогнозируемого; d_{sup} - расстояние, ближайшее большее прогнозируемого; E_{inf} - напряженность поля для меньшего расстояния d_{inf} (для $f = 600$ МГц); E_{sup} - напряженность поля для большего d_{sup} (для $f = 600$ МГц).

$$E_{вч} = 19 + (18 - 19) \log(48/45) / \log(50/45) = 18 \text{ дБ(мкВ/м)}$$

Для получения напряженности поля для заданной частоты производят интерполяцию значений функции напряженности поля для номинальных частот 100, 600 и 2000 МГц.

Если прогнозируемая частота больше 100 МГц, то напряженность поля $E_{снт}$ рассчитывается с использованием формулы (для различных типов трасс):

$$E_{снт} = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(f/f_{inf}) / \log(f_{sup}/f_{inf}) \text{ дБ(мкВ/м)} \quad (2.5)$$

где: f - частота, для которой необходимо прогноз, выраженная в МГц; f_{inf} - нижняя номинальная частота; E_{inf} - значение напряженности поля для f_{inf} ; f_{sup} - верхняя номинальная частота; E_{sup} - значение напряженности поля для f_{sup} .

$$E_{снт} = 20 + (18 - 20) \log(594/100) / \log(600/100) = 18 \text{ дБ(мкВ/м)}$$

В результате получена напряженность поля вводимой станции для 50% времени и 50% мест:

$$E_c = E(50;50) + P_{эм}$$

$$E_c = 18 + 35.8 = 53,8 \text{ дБ (мкВ/м)}$$

Полученные выше расчетные значения сделаны для азимутального градуса 0. Для определения полной зоны обслуживания цифрового телевизионного передатчика применен метод предсказания для азимутальных направлений через каждые 50 градусов. При этом учтены особенности рельефа местности станции Ала-Мышык. Результаты расчетов для полной зоны показаны в Таблице 2.2

Таблица 2.2 Результаты расчетов полной зоны обслуживания по азимутальным направлениям.

Используемая частота, МГц	Медианная напряженность поля используемой частоты, дБ (мкВ/м)	Азимутальный градус	Предсказанное расстояние, км	Рассчитанная напряженность поля для предсказанного расстояния, дБ (мкВ/м)
594	53.49	0	48	53.8
594	53.49	50	49	54
594	53.49	100	28	63.81
594	53.49	150	10	83
594	53.49	200	10	83
594	53.49	250	10	83
594	53.49	300	47	52.7

В расчетах использованы графики зависимости напряженности поля от расстояния для частоты 100 МГц. Эти зависимости применяют для частот в диапазоне от 300 МГц до 1000 МГц.

Аналогичным способом были произведены расчеты и для других станций, предназначенных для обеспечения покрытия цифровым телевизионным вещанием Нарынской области.

В третьей главе рассмотрены сосуществование цифрового наземного телевидения и мобильного широкополосного доступа

Методы изучения сосуществования цифрового наземного телевидения и мобильного широкополосного доступа. В этом разделе рассматривается сосуществование цифрового наземного телевидения (наземного телевидения) и подвижной широкополосной связи (подвижной широкополосной связи), что актуально, поскольку спектр наземного телевидения уже был перераспределен для использования подвижной широкополосной связи, и дальнейшее перераспределение находится в стадии изучения.

Таким образом, передачи наземного телевидения и подвижной широкополосной связи уже работают в соседних полосах частот, и проводятся широкие исследования работы в той же полосе частот.

Полевые измерения требуют много времени и средств, поскольку для их проведения требуются значительные человеческие ресурсы, тестовая сетевая инфраструктура, измерительные устройства профессионального уровня и лицензии на радиосвязь. поскольку разнообразие условий, наблюдаемых в полевых условиях, сложно всесторонне смоделировать, проведение полевых измерений имеет очевидные преимущества для проверки результатов моделирования и лабораторных измерений и для получения сведений о приеме наземного телевидения в реальных условиях эксплуатации. полевые измерения также могут выявить неожиданные явления, влияющие на характеристики сосуществования. например, отражения в многолучевом сигнале могут привести к более высокому коэффициенту связи и, следовательно, к более высокому уровню помех в приемнике наземного телевидения, чем это теоретически предсказывается.

Критерии защиты и характеристики приемников наземного телевидения. Частоты от 470 до 862 мегагерц (МГц) (диапазоны УВЧ IV и V) традиционно использовались для вещания наземного телевидения в Европе. Недавно был завершен переход от аналогового наземного телевидения в соответствии со Стокгольмским соглашением 1961 года (ST61) к спектрально более эффективному наземного телевидения, и доступный спектр, полученный в результате этого повышения эффективности, известен как цифровой дивиденд (DD). Женевское соглашение о частотном плане 2006 г. (GE06) пересмотрело

соглашение ST61, чтобы разрешить вещание наземного телевидения в диапазоне UHF TV в Европе посредством расширенного процесса планирования помех. Соглашение GE06 определяет обязательные соглашения в отношении входящих и исходящих помех между зонами выделения и странами. Соглашение является технологически нейтральным и использует спектральные маски для ограничения внеполосных излучений.

На рис. 3.2 показан сигнал наземного телевидения слева, а для иллюстрации радио защиты (PЗ) как в совмещенном канале, так и в соседнем канале на одном изображении; источник помех показан как на совмещенном канале с передачей наземного телевидения, так и на соседнем канале справа. Уровень помех на этом изображении равен максимально допустимому уровню, и, таким образом, PR представляет собой отношение между наземным телевидением и мощностями мешающего сигнала. Когда уровень помех равен или меньше максимального предела, определенного PЗ, вероятность ошибок настолько мала, что выполняется критерий качества приема наземного телевидения. Вероятность ошибок увеличивается с более высокими уровнями помех, и критерий качества приема наземного телевидения больше не выполняется.

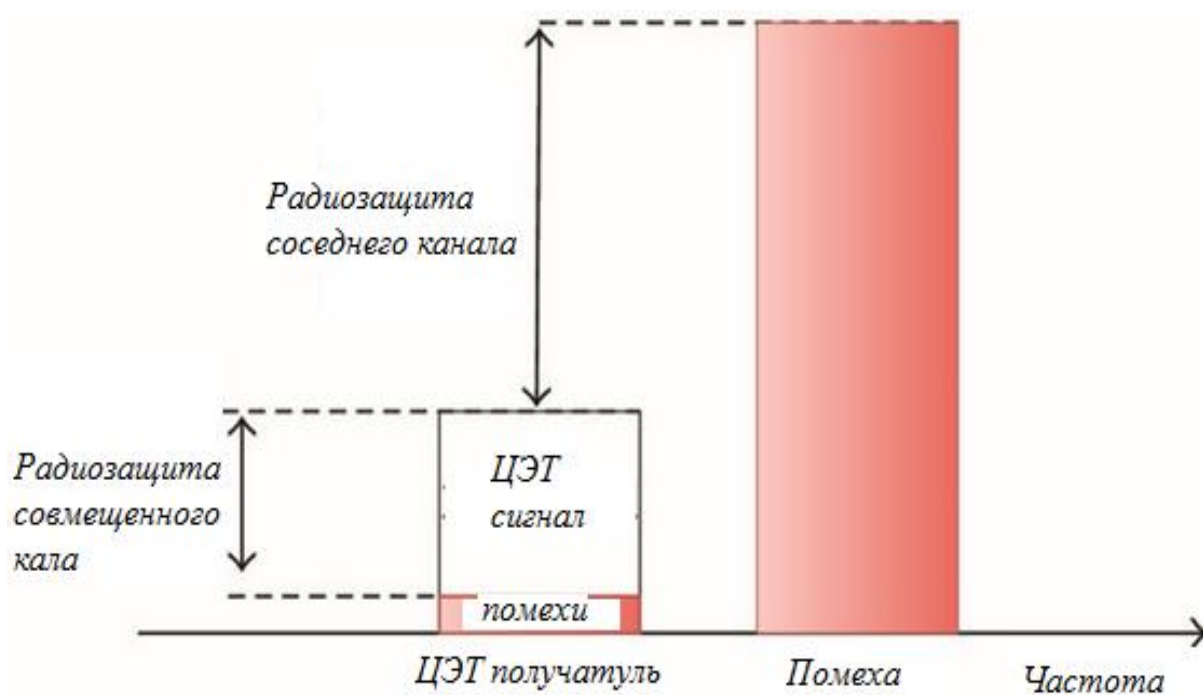


Рисунок 3.2 Определение защитных отношений по совмещенному каналу и соседнему каналу.

Помехи от мобильного терминала являются наихудшими, когда географическое разнесение между терминалом и приемной антенной наземного телевидения невелико. Самый сложный сценарий помех для системы приема

наземного телевидения – это когда мобильный терминал передает с максимальной мощностью на границе покрытия наземного телевидения, где уровень сигнала наземного телевидения находится на минимальном уровне, необходимом для его приема. рисунок 3.5 иллюстрирует эталонную геометрию, широко используемую для приема наземного телевидения на крышах в исследованиях сосуществования, когда помехи исходят от терминалов TVWS или восходящей линии связи LTE, работающей в диапазонах 700 и 800 МГц.

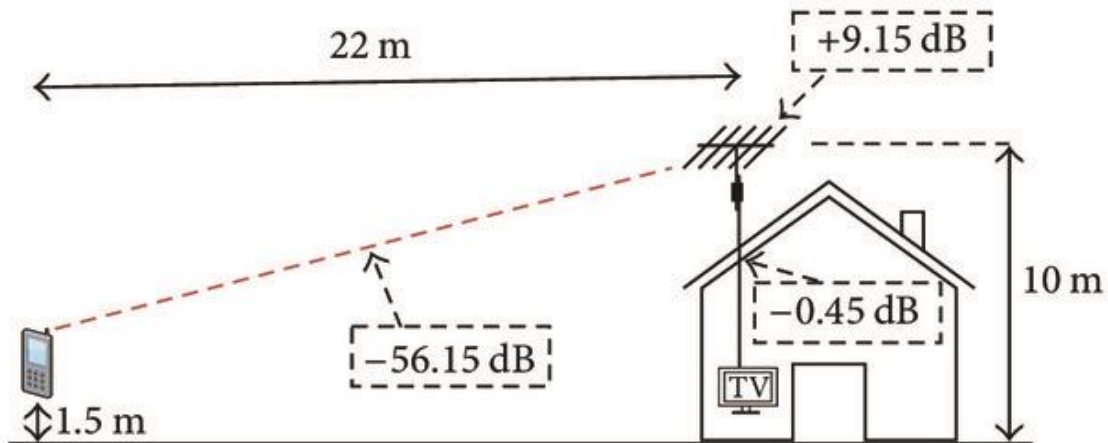


Рисунок 3.5 Эталонная геометрия помех

Эталонная геометрия для исследований сосуществования между мобильным широкополосным терминалом и приемом НАЗЕМНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ на крыше на расстоянии 10 м.

Помехи от базовой станции подвижной широкополосной связи в зоне покрытия наземного телевидения могут либо ухудшить SNR приема наземного телевидения, либо вызвать перегрузку приемника наземного телевидения рис. 3.7.

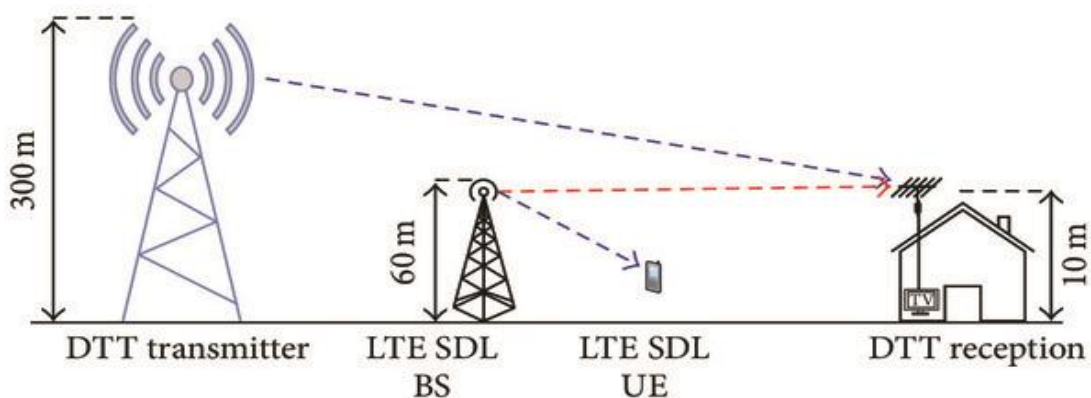


Рисунок 3.7 Сосуществования базовых станций с DTV

Эталонная геометрия для исследований сосуществования между базовой станцией LTE SDL и приемом наземного телевидения на крыше на расстоянии 10 м.

Глава 4 посвящена к современному подходу и платформу управления использованием спектра для обеспечения совместного использования радиочастотного спектра

Управления использованием спектра для обеспечения совместного использования радиочастотного спектра. Традиционное распределение и совместное использование спектра. Количество используемых мобильных телефонов и планшетов в настоящее время значительно превышает количество стационарных телефонов и проводных устройств. Помимо телефонов и планшетов, к Интернету теперь также подключены миллиарды других устройств, включая персональные устройства, автомобили, камеры, медицинские приборы, мусорные баки, светофоры и различные промышленные датчики и приводы. Это появление Интернета вещей (IoT) привело к резкому увеличению трафика данных по беспроводным средам. По данным Cisco, этот трафик вырос на 63% по сравнению с 2015 годом, достигнув в среднем 7,2 эксабайта в месяц. Пятое поколение мобильных сетей (5G) представляет собой значительную часть последних разработок в области беспроводной связи и, как ожидается, будет поддерживать этот массовый рост беспроводного Интернета вещей и потоковой передачи видео сверхвысокого разрешения. Это приведет к дальнейшему увеличению трафика беспроводной передачи данных, по крайней мере, в 5 раз к 2024 году.

В пятой главе рассматриваются зоны обслуживания различных радиоэлектронных средств и автоматизация РРС на основе современных технологических платформ

Сравнение зон обслуживания аналоговых и цифровых передатчиков. Рассмотрен частный случай. Будем считать, что значения коэффициентов усиления антенн при аналоговом и цифровом сигнале равны 6 дБл и высота подвеса передающей антенны равна 150 м. В качестве главного фидера - коаксиальный кабель типа HF 3". Значения КПД этого фидера равны: 0,73 - в I телевизионном диапазоне; 0,66 - во II диапазоне; 0,62 - в III диапазоне; 0,39 - в IV диапазоне; 0,26 - в V диапазоне частот.

При вычислениях радиуса обслуживаемой зоны будем использовать кривые распространения МККР (Международный консультативный комитет по радиовещанию), построенные отдельно для диапазонов метровых и дециметровых волн, а также приведенные в табл. 5.1 минимально допустимые значения напряженности поля на границе зоны обслуживания в городских условиях.

Как видно из анализа данных табл. 5.1, аналоговые передатчики I, II, III, IV и V телевизионных диапазонов могут быть заменены цифровыми передатчиками III, IV и V диапазонов частот. Также рассмотрим случаи возможного применения аналого-цифровых или гибридных передатчиков, которые при замене формирователя сигналов могут работать в аналоговом или цифровом режимах. В режиме аналогового вещания выходная мощность отечественных передатчиков равна 0,5; 1; 2; 5 и 25 кВт, а в режиме цифрового вещания - 0,1; 0,25; 0,5; 1 и 5 кВт. Следовательно, при переходе с аналогового на цифровое вещание мощность передатчика снижается в 4-5 раз.

Таблица 5.1 Минимальные значения напряженности поля TV диапазонов частот.

Вид модуля	Минимально допустимые значения напряженности поля, дБ, для различных телевизионных диапазонов частот				
Аналоговая	50	52	55	65	68
Цифровая-DVT-T прием на фиксированную анкету	-	-	48	53	57

В настоящее время промышленность выпускает цифровые передатчики максимальной мощностью 5 кВт, которые, с учетом вышепринятых условий, обеспечивают радиус обслуживаемой зоны 60 км для III диапазона, 40 км для IV диапазона и 32 км для V телевизионного диапазона длин волн.

Замена аналоговых передатчиков I диапазона цифровыми передатчиками

Результаты расчета показали, что для сохранения размеров обслуживаемой зоны, соответствующей аналоговым передатчикам I телевизионного диапазона мощностью от 0,1 до 50 кВт, необходимо мощность цифровых передатчиков по сравнению с мощностью соответствующих аналоговых передатчиков:

- уменьшить примерно в 1,35 раза для III телевизионного диапазона;
- увеличить примерно в 8-20 раз для IV телевизионного диапазона;
- увеличить примерно в 30-77 раз для V телевизионного диапазона.

В табл. 5.2 приведены значения максимального радиуса обслуживаемой зоны (R) и соответствующие им мощности аналогового передатчика I диапазона и мощности цифровых передатчиков в III, IV и V телевизионных диапазонах.

Таблица 5.2 Значения максимального радиуса обслуживаемой зоны.

R, км	28	45	50	59	66	73	85
$P_{\text{a, I}}$, кВт	0,1	1	2	5	10	20	50
$P_{\text{ц, III}}$, кВт	0,074	0,74	1,49	3,72	7,43	14,87	37,2
$P_{\text{ц, IV}}$, кВт	0,8	10,2	25,5	80,7	161	404	1016
$P_{\text{ц, V}}$, кВт	3,02	38,3	96,1	304,2	607	1523	3830

Анализ данных табл. 5.2 показывает, что применение в III, IV и V диапазонах цифрового передатчика мощностью 5 кВт позволит сохранить зону обслуживания аналоговых передатчиков I диапазона мощностью, соответственно равной 0,1 кВт, 1 кВт и 2 кВт. Замена аналоговых передатчиков большей мощности цифровым 5-кВт передатчиком приведет к уменьшению радиуса обслуживаемой зоны. Например, замена аналогового передатчика I диапазона мощностью 50 кВт на 5-кВт цифровой передатчик приведет к уменьшению радиуса обслуживаемой зоны на 25 км в III диапазоне, уменьшению на 45 км в IV диапазоне и уменьшению на 53 км в V диапазоне.

Использование гибридных передатчиков для замены аналоговых передатчиков I диапазона цифровыми передатчиками III диапазона приведет к уменьшению значений R на 5-17 км по сравнению с данными, приведенными в табл. 5.2. Для других случаев применение гибридных передатчиков нецелесообразно.

Зона обслуживания РРС Орто-Сай

Как отмечалось в литературах, определение зоны покрытия (ЗП) передатчиком является важнейшим критерием для расчета сети в целом.

Расчет ЗП с учетом реально имеющегося ландшафта местности является довольно трудоемкой операцией и под силу только подготовленным специалистам.

Зоной покрытия (обслуживания) принято называть территорию, на границе которой гарантируется прием с заданным качеством.

Для произведения сравнительного расчета зоны обслуживания цифрового и аналогового телевизионного передатчиков были приняты следующие параметры:

$P_{\text{п}}=1000$ Вт;

Коэффициент усиления антенны=12 дБ;

ЭИМ=42 дБВт;

Высота подвеса антенны – 40;

Телевизионный канал – 36.

Расчеты произведены для пункта установки РРС Орто-Сай (42°48'2.00"N 74°36'1.00"E)

Стоит отметить, что согласно принципам построения сетей ТВ вещания, минимальная напряженность поля от аналоговых телевизионных передатчиков, использующих каналы IV/V диапазонов, составляет 70 (дБ(мкВ/м)).

Кроме того, согласно рекомендации МСЭ-RBT 2033 (01/2013) минимальная напряженность поля от цифровых телевизионных передатчиков для фиксированных устройств составляет 54,3дБмкВ/м.

Расчеты были произведены в соответствии с указанными значениями минимальной напряженности поля.

Ниже приведена ориентировочная зона обслуживания аналогового и цифрового телевизионных передатчиков на карте рис. 5.1-5.3.

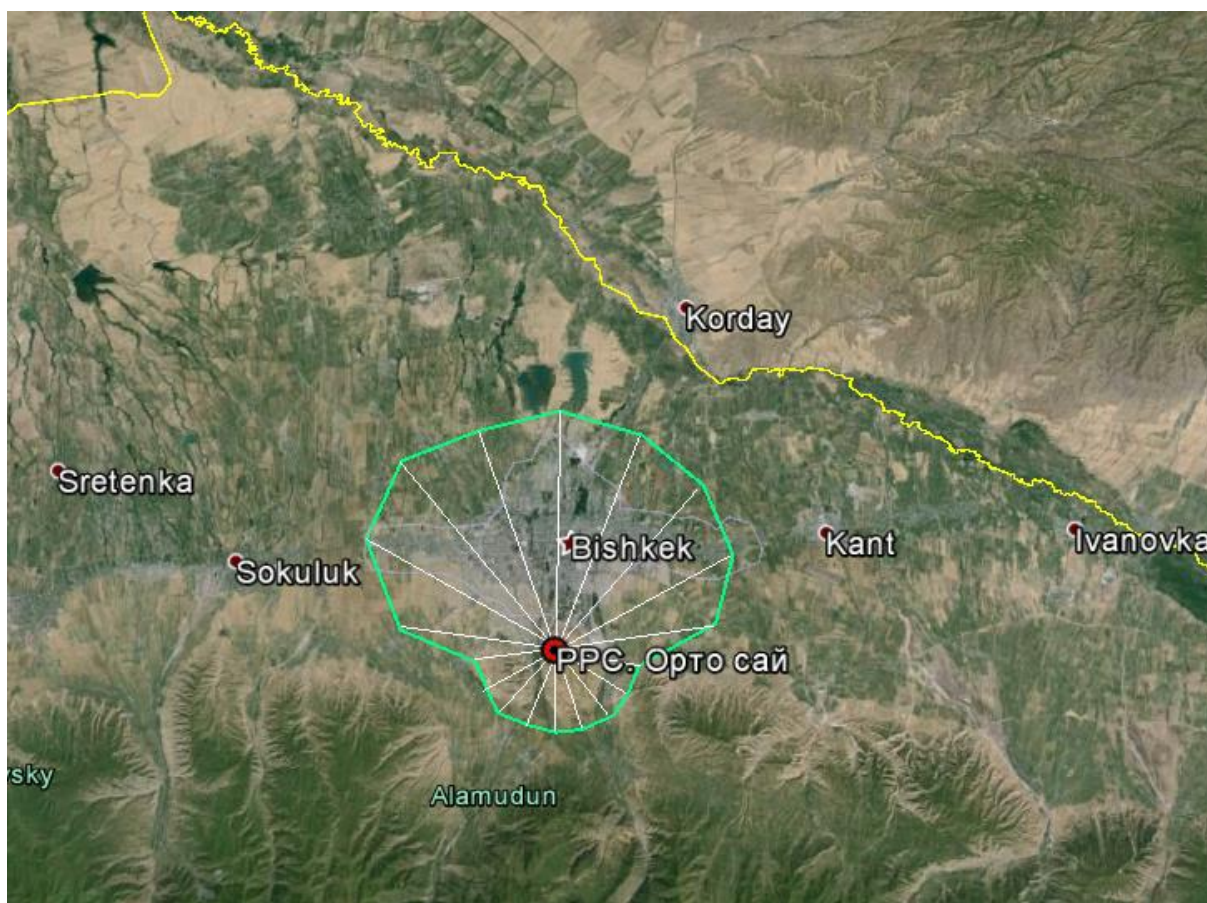


Рис. 5.1 Зона обслуживания аналогового телевизионного передатчика

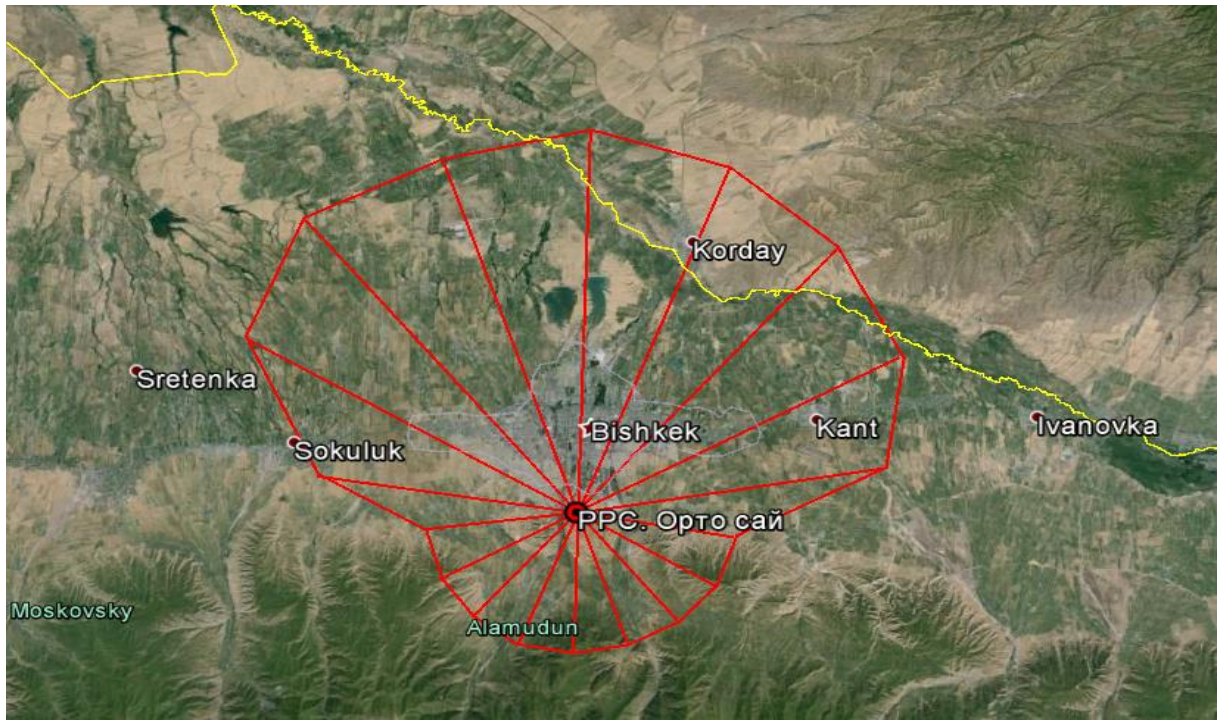


Рис. 5.2 Зона обслуживания цифрового телевизионного передатчика

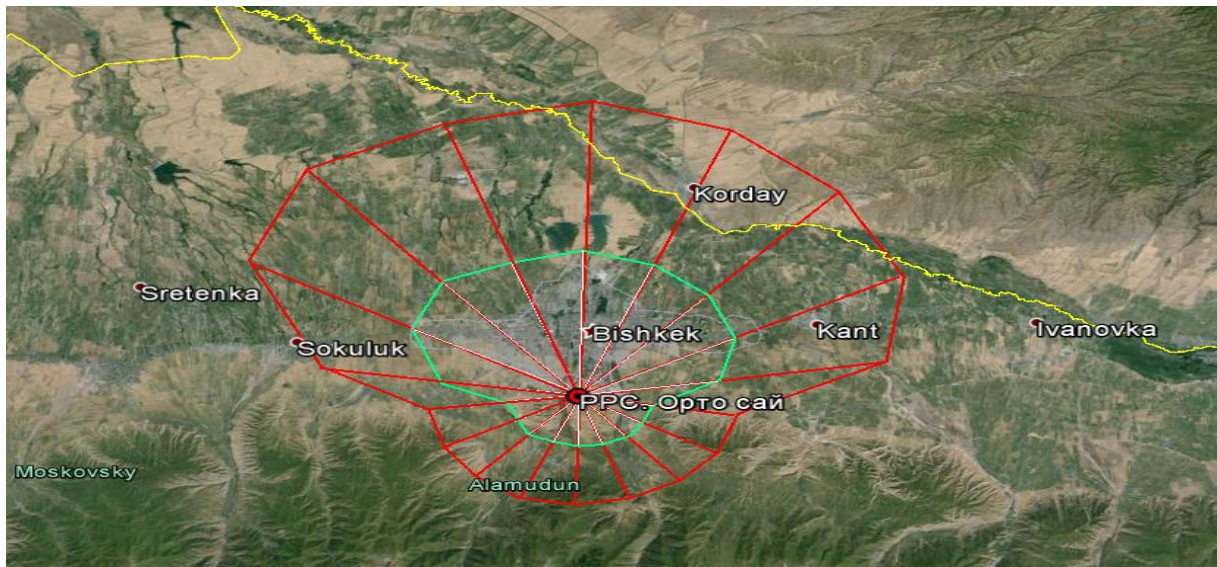


Рис. 5.3 Сравнительная карта зоны обслуживания передатчиков

- автоматизация РРС и внедрение цифровых технологий с применением современных средств связи

В этом параграфе было рассмотрено вопрос разработка автоматизация РРС-59 и внедрение автоматизированных систем с применением современных средств связи. Была рассчитана экономическая эффективность разработанного устройства. Объектом проектирования является радиорелейная станция РР-59 прямой видимости расположенная на территории Беткентского айылного округа Лейлекского района. Расстояние от г. Ош до РРС-59 составляет 400 км. Данная радиорелейная станция является конечной и необходима

для обеспечения телерадиовещания Баткенской области Кыргызской Республики.

Обслуживание РРС осуществляется вахтовым методом. В штате РРС-59 предусмотрены 3 единицы инженера 1 категории, 2 единицы электромонтера 5 разряда и 1 единица электромонтера-проводника.

В ниже на рисунках с 5.10 по 5.15 показаны РР станции. РРС-18 расположена в городе Ош, а станция РРС-38 находится в Баткенской области село Чаувай, расстояние между ними составляет 54,2 км. рис. 5.10.



Рис. 5.10. Расположения РРС 18-38.

РРС-39 расположена в селе Айдеркен Кадамжайского района и расстояние между РРС-38 составляет 78 км. рис. 5.11.

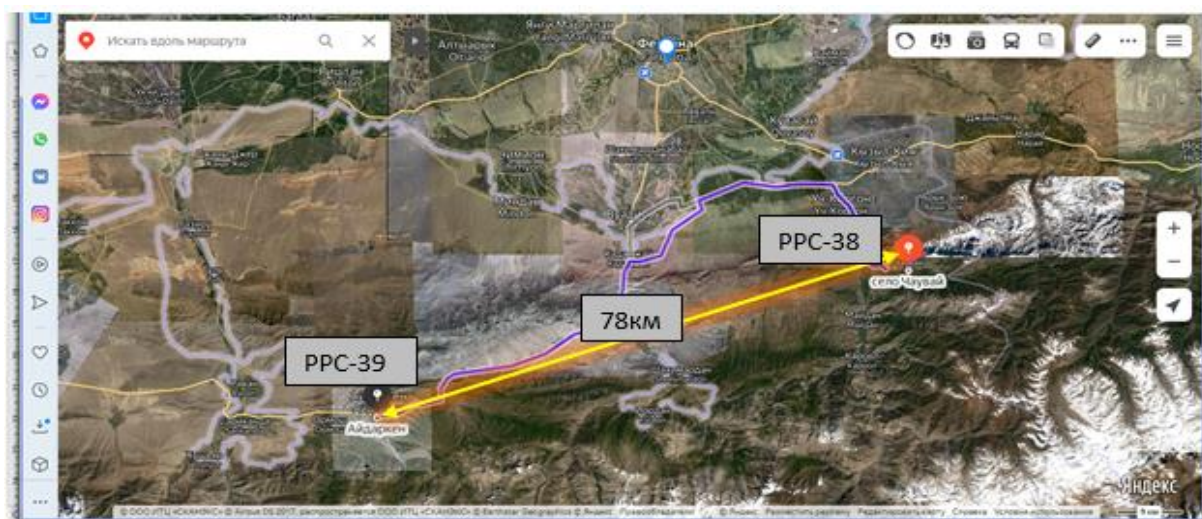


Рисунок 5.11 Расположения РРС 38-39.

РРС-40 расположена в селе Булак-Башы Баткенской области и расстояние между РРС-39 равна 48,3км. рис. 5.12.

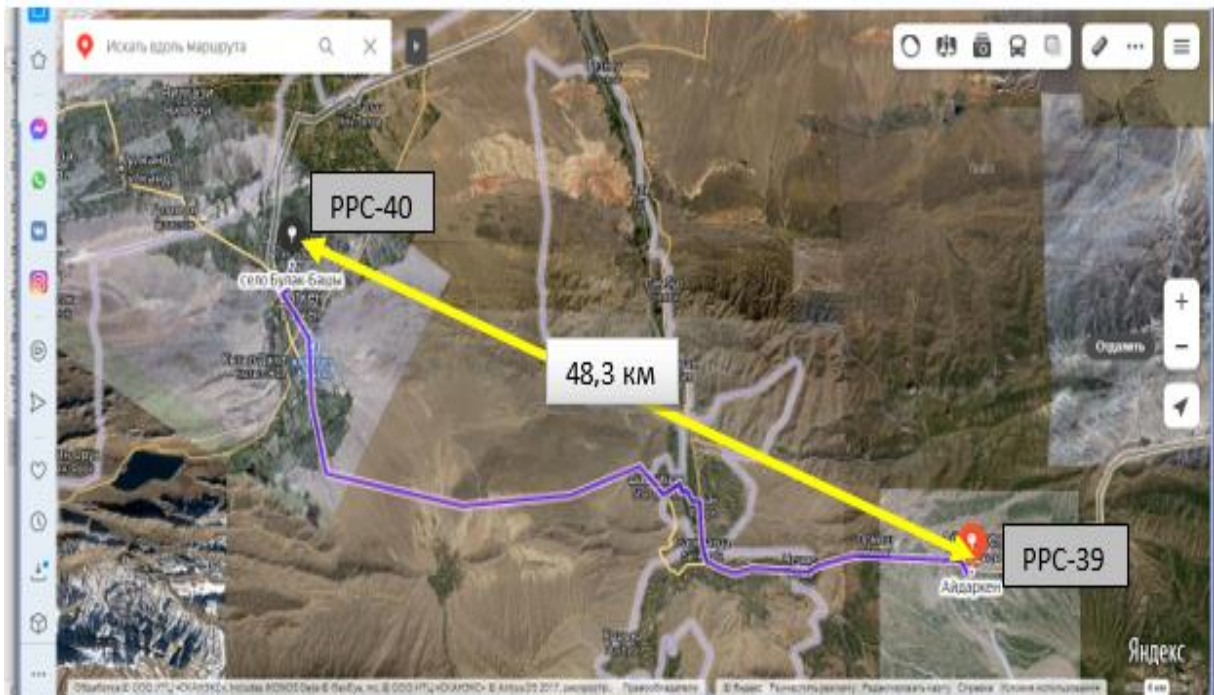


Рисунок 5.12 Расположения PRC 39-40.

PRC-41 находится в селе Рават Баткенской области и расстояние между PRC-40 равняется к 38,9 км. рис. 5.13.

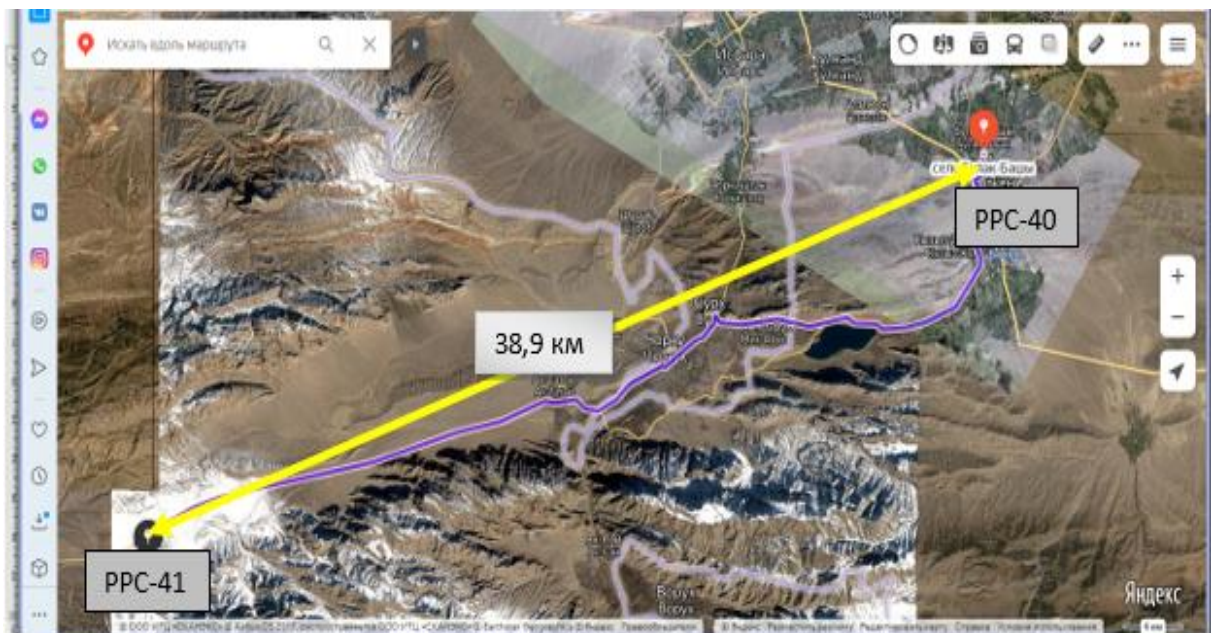


Рисунок 5.13 Расположения PRC 40-41.

От PRC-41 до PRC-25 расстояние составляет 64,2 км. PRC-25 находится вблизи голода Сюлкта рис. 5.14.

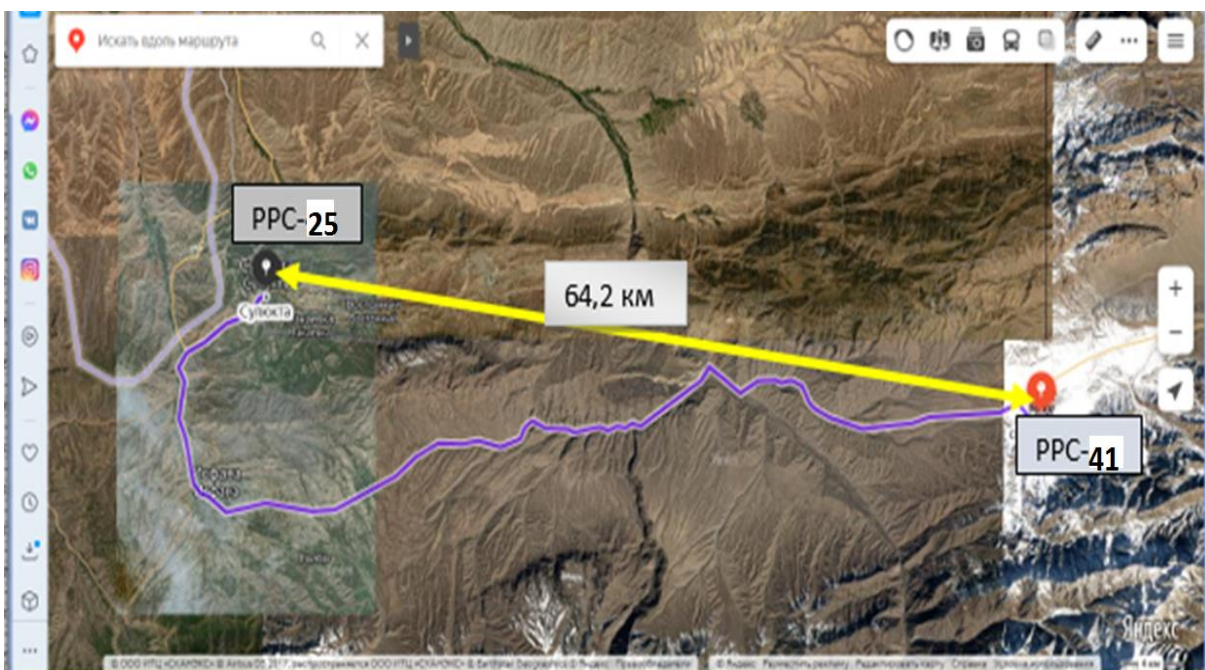


Рисунок 5.14 Расположения РРС 41-25.

И окончный РРС-59 который называется АРКА находится в селе Эски-Оочу Баткенской области. Расстояние между РРС-25 составляет 22,5км. рис. 5.15.



Рисунок 5.15 Расположения РРС 25-59.

Все снимки сделаны с Google Планета Земля.

Фонд оплаты труда для обслуживания РРС-59 составляет 1 930 272 сом в год. За год проводится 8 пересмен дежурного персонала. С внедрением цифровых технологий и с установкой на РРС современных средств связи, радио

телевещания (радио и телевизионные передатчики, оборудование радиорелейной связи) которые не требуют постоянного присутствия обслуживающего персонала, созданы условия для перевода РРС-59 на автоматический режим работы.

В целях снижения эксплуатационных расходов предлагаем перевести РРС-59 на автоматический режим работы. Для этого нами разработана система автоматического пожаротушения и охраны объекта. После перевода РРС-59 на автоматический режим работы эксплуатационные расходы снизятся на сумму 1 991 892 сома, в том числе ФОТ 1 930 272 сома, а транспортные расходы (ГСМ) 61 620 сомов. Расходы на этой пожарно-охранной системы показаны на таблице 5.7.

Таблица 5.7. Расходы пожара – охранная система

Наименование	Кол – во (шт)	Цена за ед. (шт)	Сумма (сом)
Микроконтроллер Arduino Mega 2560	1	975	975
Модуль Ethernet Shield W5100	1	645	645
Датчик температуры DS18B20	4	197	788
Ультразвуковой дальномер HC – SR04	2	155	310
Датчик движения HC – SR501	2	147	294
Датчик угарного газа MQ-9	5	285	1425
Клема болтовой DG301 – 2pin	20	20	400
Клема болтовой DG301 – 5pin	20	20	400
Блок питания 5В 10А	1	2500	2500
Блок питания 12В 5А	1	3500	3500
Огнетушитель ТУНГУС – 4Б	2	4500	9000
Фольгированный текстолит 20x30	1	500	500
Кабель КРПТ 2x2	10	90	900
Розетка 1x5	1	520	520
Термоусадка 3мм	1	200	200
Разъем RS45	10	10	100
Реле 12В 1А	2	200	400
		Итого	22857

В данной разделе диссертационной работы приводится этап разработки и проектирования пожарно-охранной системы на базе микроконтроллера Atmega 2560, позволяющего удаленно мониторить, контролировать, своевременно и оперативно реагировать на поступающие сигналы с датчиков движения, изменения температуры, возникновения дыма, несанкционированного входа и тушения пожара в помещении.

Для решения поставленной цели выполнены следующие задачи:

- 1) Сбор информации и анализ;
- 2) Разработка структурной схемы;
- 3) Подбор компонентов;
- 4) Разработка печатного узла;
- 5) Разработка программного обеспечения;

На основе выше перечисленного было разработано устройство, на базе микроконтроллера Atmega 2560 с использованием Ethernet модуля типа W5100 для охранно-пожарных целей и функций контроля в режиме реального времени. На рисунках 5.7,5.8,5.9 показаны внешний вид, структурная схема и печатная плата охранно-пожарной системы реального времени.

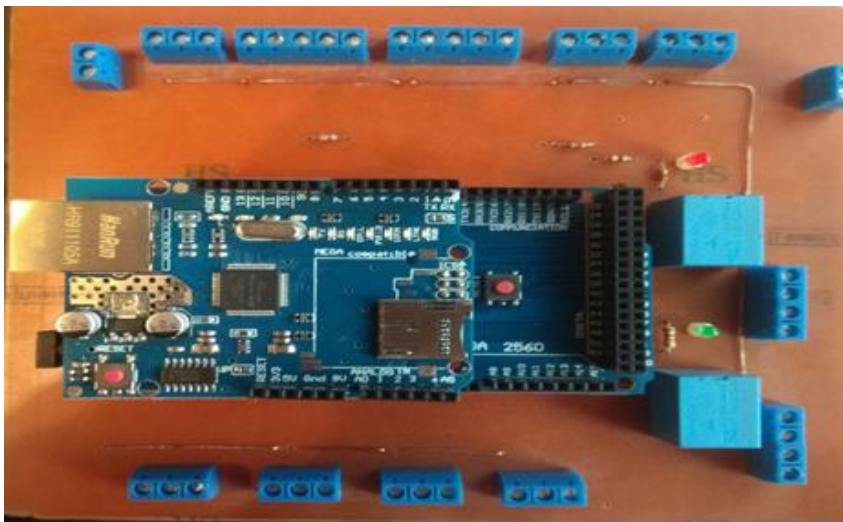


Рисунок 5.7. Внешний вид охранно-пожарной системы

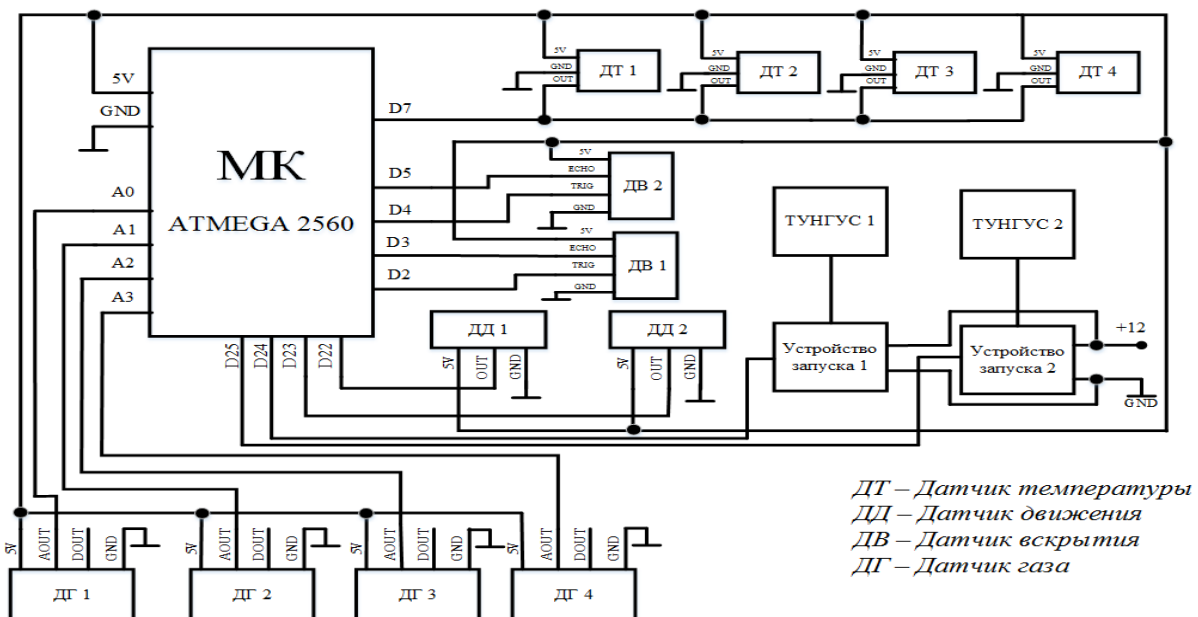


Рисунок 5.8. Структурная схема охранно-пожарной системы

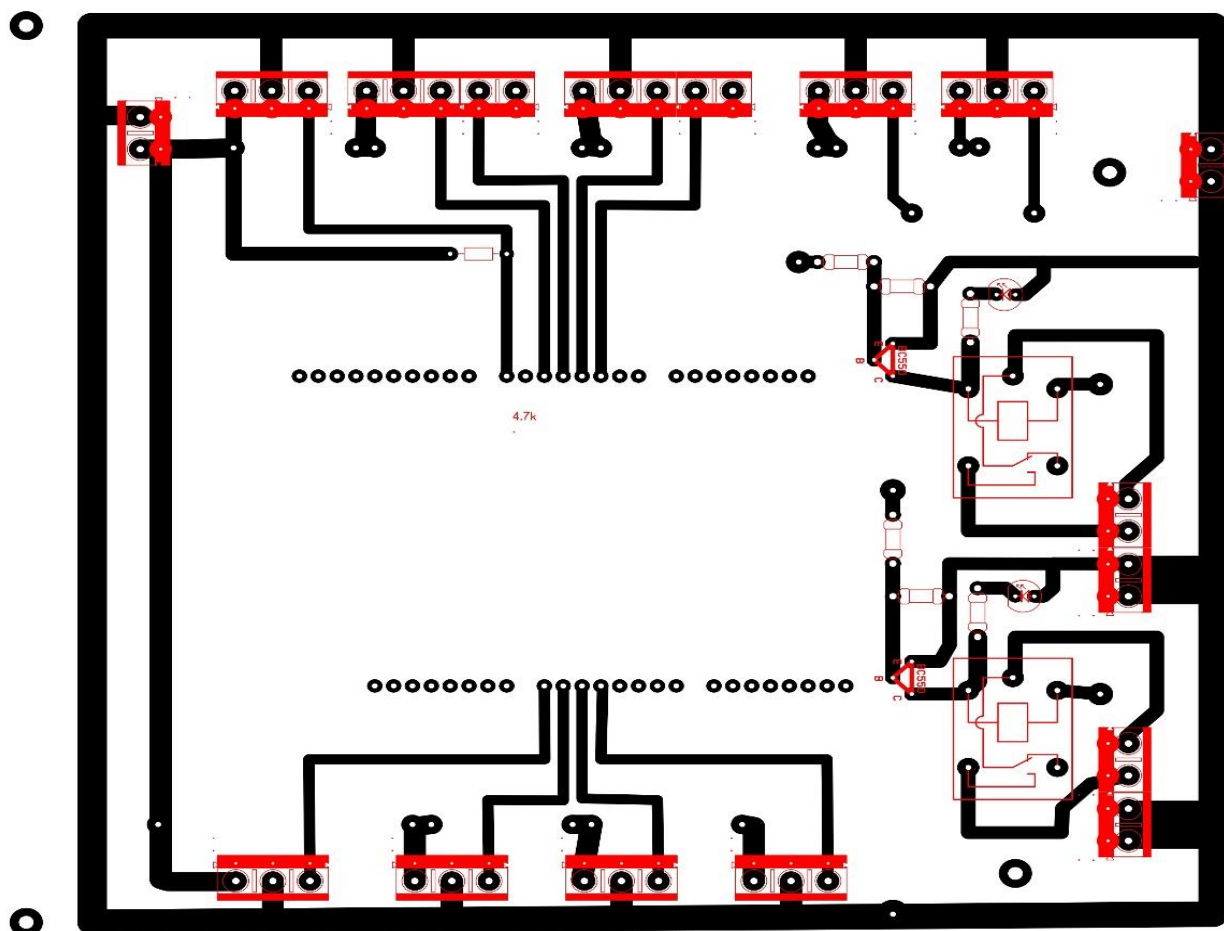


Рисунок 5.9. Печатная плата охранно-пожарной системы

В заключении сформулированы выводы по диссертационной работе в целом.

В приложении к диссертационной работе приведены фотографии разработанного авторское свидетельство, акты внедрения результатов работы и другие вспомогательные информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе решения задач, поставленных в диссертационной работе, достигнуты следующие основные результаты:

1. Проведен обзор и анализ научной и специальной литературы по физико-техническим основам создания цифрового телерадиовещания в Кыргызской Республике.

2. На основе исследования принципов построения системы управления с использованием радиочастотного спектра, были изучены текущие проблемы, частотный план «Женева-2006» для района 1, в том числе для Кыргызской Республики.

3. Исследована электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств радиовещательной и подвижной служб в Кыргызской Республике.

4. Разработан проект построения сетей телевизионного вещания в стандарте DVB-T2 и рассчитана ее расходы на модернизацию в Нарынской области Кыргызской Республики.

5. Исследованы методы и принципы сосуществования цифрового наземного телевидения и мобильного широкополосного доступа;

6. Впервые в КР разработана микропроцессорная автоматическая система, позволяющая удаленно обеспечить: мониторинга, контроля, несанкционированного доступа и тушение пожара на объекте.

7. Полученные в диссертационной работе результаты внедрены в практику РПО РМТР ЮУРС Кыргызской Республики, в учебный процесс Ошского технологического университета на кафедре сети связи и системы телекоммуникации.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Работы, опубликованные автором в сборниках трудов международных конференции и рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК и Министерство образования и науки КР.

1. Мойдунов, Т.Т. Регуляторные и технические аспекты при переходе на цифровое наземное телевизионное радиовещания и координации частотных присвоений приграничных районах. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, М.Н. Джылышбаев. // Региональный семинар МСЭ для стран СНГ «Опыт внедрения и эксплуатации цифрового ТВ-вещания в странах СНГ» 16-18 февраля 2016 г. Москва, Российская Федерация. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=мойдунов+тт&oq=Мой

2. Мойдунов, Т.Т. Зоны покрытия наземным цифровым телевизионным вещанием. Техническое обеспечение проведение измерений оборудование различных стран производителей. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, М.Н. Джылышбаев. // Региональный семинар МСЭ для стран СНГ «Опыт внедрения и эксплуатации цифрового ТВ-вещания в странах СНГ» 16-18 февраля 2016 г. Москва, Российская Федерация. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=мойдунов+тт&oq=Мой

3. Мойдунов, Т.Т. Анализ электронной совместимости радиоэлектрических средств радиовещательной и подвижных служб в полосах частот 694-790мгц и 790-962мгц в КР. [Текст] / Т.Т. Мойдунов // Научный журнал. “UNIVERSUN” Технические науки Выпуск: 11 (32) Москва Ноябрь 2016г. Стр. 4-8. – То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/3905>

4. Мойдунов, Т.Т. Регуляторно-технические меры для использования радиоэлектронных средств. [Текст] / Т.Т. Мойдунов // Научный журнал «Известия ОшГУ» 2017. №1 стр. 31-36. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://vestnik.oshtu.kg/images/Journal/2017-1/prob_tehnich_nauk/7_t_t_mojdunov1.pdf

5. Мойдунов, Т.Т. Защитные отношение для сигналов телевизионного вещания при воздействии помех от гармонических колебаний. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, И.А. Ормонова // Научный журнал «Известия ОшГУ» 2017. №3 стр. 89-104. – То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://vestnik.oshtu.kg/images/Journal/2017-3/21_i_a_ormonova_t_t_mojdunov_m1.pdf

6. Мойдунов, Т.Т. Применимость существующих сетей беспроводной связи для систем передачи измерительной информации. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, // Научный журнал «Известия ОшГУ» 2017. №4 стр. 9-14. – То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://vestnik.oshtu.kg/images/Journal/2017-4/prob_estes_tehnich_nauk/3_t_t_mojdunov1.pdf

7. Мойдунов, Т.Т. Частотный план “Женева-2006” для района 1, в том числе для КР. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, // Научный журнал «Известия ОшГУ» 2017. №4 стр. 14-19. – То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://vestnik.oshtu.kg/images/Journal/2017-4/prob_estes_tehnich_nauk/4_t_t_mojdunov1.pdf

8. Мойдунов, Т.Т. Основные техника экономические аспекты спользования радиочастотного ресурса. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, // Научный журнал «Известия ОшГУ» 2018. №1. стр.18-24. – То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://vestnik.oshtu.kg/images/Journal/2018-2/infor-teh-v-nauk-i-obr/4_t_t_mojdunov1.pdf

9. Мойдунов, Т.Т. Технические аспекты при проведении измерений зоны покрытия наземным цифровым телевизионным вещанием в КР. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, И. Ормонова // Научный центр “Олимп” Сборник материалов XXIII международной научно-практической конференции. «Наука сегодня» теория, практика, инновации» // Научный журнал Москва, 2017. №1. стр.79-82. – То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32161173>

10. Мойдунов, Т.Т. Критерии управления радиочастотным спектром и ее эффективность. [Текст] / Т.Т. Мойдунов // Материалы международной научно-практической конференции. Наука сегодня, история и современность. г. Вологда 2018. часть 1. стр. 36-40. – То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36620751>

11. Мойдунов, Т.Т. Основные критерии оценки коэффициента использования спектра и спектральной эффективности. [Текст] / Т.Т. Мойдунов

// Научный журнал «International scientific research 2018» Научный центр «Олимп» Сборник материалов XLI международной научно-практической конференции Москва, 2018. стр.75-77. – То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36678395>

12. Мойдунов, Т.Т. Мировая политика лицензирования деятельности в сфере телекоммуникаций, в том числе в странах СНГ. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, И. Ормонова Вестник современных исследований. Россия. г. Омск, Научный центр «Орка», 2018. №11 (26), стр. 495-507. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36664957>

13. Мойдунов, Т.Т. Использование спектра системами телевизионного и аудио радиовещания. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, Н. Шерматбек кызы // Научный журнал «Извести ОшГУ» 2018. №3. стр.111-116. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://vestnik.oshtu.kg/images/Journal/2018-3/sovremeny_e_dostijenie_v_estestvennyh_nauk/12_t_t_mojdunov_shermatbek_k_yz1.pdf

14. Мойдунов, Т.Т. Расчеты проектируемой сети беспроводного доступа стандарта CDMA 450 на территории г. Бишкека и его пригорода. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, А.А. Сагынбаев. //Журнал наука и образование сегодня № 5 (40), 06.05. 2019. стр. 13-16. Российский импакт-фактор: 0,17. г. Москва. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=37741566>

15. Мойдунов, Т.Т. Телеберүүдө сигнал тараткычтардын аймакты камтуу радиусун изилдөө. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, Шерматбек кызы Н. // Научный журнал «Вестник ОшГУ» №1 2019. г. Ош. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arch.kyrlibnet.kg/?&npage=view&nadd=22054>

16. Мойдунов, Т.Т. Инновации строительного сектора Испании и 3D-технологии в строительстве. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, У.Т. Аттокуров // Научный журнал НАУКА И ИНОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 2/2019(11) стр. 120-126 г. Бишкек, Международный университет инновационных технологий. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sit.net.kg/release-archive/>

17. Мойдунов, Т.Т. Использования помехи сети (LTE) в диапазоне частот 790-862 МГц. на сети DVB-T функционирующие в полосе частот ниже 790 МГц. в КР. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, У.Т. Аттокуров // Научный журнал НАУКА И ИНОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 2/2019(11) стр. 126-129 г. Бишкек, Международный университет инновационных технологий. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sit.net.kg/release-archive/>

18. Мойдунов, Т.Т. Выделение радиочастотного ресурса для развития технологий интернета вещей и межмашинной радиосвязи (IoT/M2M). [Текст] / Т.Т. Мойдунов, А.А. Сагымбаев, С. Оморова // Научно-методический

журнал. Вестник науки и образования. 2021. №1 (104) Часть 1, стр. 11-16. г. Москва. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vydelenie-radiochastotnogo-resursa-dlya-razvitiya-tehnologiy-interneta-veschey-i-mezhmashinnoy-radiosvyazi-iot-m2m/viewer>

19. Мойдунов, Т.Т. Web of Science (WoS): Calculation of costs for modernization of the tv broadcasting network in the naryn region of the kyrgyz republic. Web of Science: No 90 (2022) Vol. 1 Sciences of Europe (Praha, Czech Republic), ISSN 3162-2364 The journal is registered and published in Czech Republic. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.europe-science.com/wp-content/uploads/2022/04/Sciences-of-Europe-No-90-2022-Vol.-1.pdf>

20. Мойдунов, Т.Т. Охранно – пожарная система на базе микроконтроллера Atmega 2560. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, С.Т. Оморова, А.С. Нышынова // на XXXV - Международной научной конференции «Математические Методы в Технике и Технологиях» ММТТ-35, 30 мая – 03 июня 2022 г., ЯГТУ г. Ярославль, Россия стр. 30-35. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=мойдунов+тт&oq=Мой

21. Мойдунов, Т.Т. Анализ совместного использования полос радиочастот между цифрового телевидения и систем подвижной связи. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, // Научный журнал «Наука. Образование. Техника» Кыргызско-Узбекского Международного университета имени Батыралы Сыдыкова № 2, 2023, Технические науки, Стр.34-39. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://not.kg/2-2023>

22. Мойдунов, Т.Т. Управления радиочастотного спектра для обеспечения экономики. [Текст] / Т.Т. Мойдунов, А.А. Саримсаков, // Научный журнал «Наука. Образование. Техника» Кыргызско-Узбекского Международного университета имени Батыралы Сыдыкова № 2, 2023, ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ Стр.39-49. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://not.kg/2-2023>

23. Moydunov, T., Sarimsakov, A., Tokoev, M., Ormonova, I. Scopus: Construction of a television broadcasting network in the DVB-T2 standard and calculation of costs for its modernisation in Naryn region of the Kyrgyz Republic. Journal of the Balkan Tribological Association, TRAKYA UNIV BALKAN YERLESESI ENSTITULER BINASI, Trakya Universitesi Rektorlugu BalkanYerleskesi, ЭДИРНЕ, Турция, 22030. Content of Issue 6, Volume 29, 2023. стр. 1118-1142. - То же: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scibul.com.net/en/journal/1310-4772/issue/2023-29-6/>

05.13.06 - технологиялык процесстерди, өндүрүштү автоматташтыруу жана башкаруу (тармактар боюнча) адистиги боюнча техника илимдеринин доктору илимий даражасын алуу үчүн **Мойдунов Тайрь Төлөновичтин** «Кыргыз Республикасында цифралык телерадиоберүүнү куруунун физика-техникалык негиздери» атуу темадагы диссертациялык жазма ишинин

РЕЗЮМЕСИ

Ачкыч сөздөр: радиожыштык спектрин башкаруу, электромагниттик шайкештик, санариптик жер үстүндөгү телекөрсөтүүсү менен мобилдик кең тилкелүү байланыштын жанаша жашоосу, PPS тейлөө аймагы, Long Term Evolution (LTE) тармагынын кийлигишүүсү, PPS-59 автоматташтыруу.

Изилдөө объектиси. Кыргыз Республикасынын радиорелейдик түштүк башкармалыгына караштуу PPS-59, PPS-50, PPS-66, PPS-24 радиорелейдик станциялары.

Изилдөөнүн предмети. Радиорелейдик станцияларды аралыктан көзөмөлдөп, башкаруу үчүн Arduino Mega 2560 микропроцессордук түзүлүшүнүн жардамы менен автоматташтырылган системаны куруу.

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Кыргыз Республикасы тоолуу өлкө болгондуктан, радиорелейлик станцияларды (PPS) үзгүлтүксүз тейлөө жана эксплуатациялоо РПО РПО ААК үчүн каржылык чыгымдар менен бирге чоң көйгөйлөрдү алып келет. Ошону менен бирге эле санариптик жер үстүндөгү телекөрсөтүүсү менен мобилдик кең тилкелүү байланыштын жанаша жашоосу, заманбап технологиялык платформаларды колдонуу менен реалдуу убакыт режиминде аралыктан башкаруу жана коопсуздук системаларын өнүктүрүү абдан маанилүү. Бул диссертациянын жогоруда айтылган маселелерди чечүүгө арналышы диссертациянын темасынын *актуалдуу* экендигин тастыктайт.

Изилдөөнүн максаты. Негизги максат - заманбап платформалардын негизинде санариптик жер үстүндөгү телерадио берүүнү, радиожыштык спектрин башкарууну жана PPS автоматташтырууну иштеп чыгуу жана ишке ашыруу.

Изилдөө милдеттери. Системалуу аткаруунун негизинде, экономикалык чоң мааниси бар, төмөнкү ташырмаларды чечүү зарыл болду:

1) Санариптик телеберүүнүн радиожыштык спектрин жана жыштык планын башкарууну изилдөө;

2) Нарын облусунун аймагында DVB-T2 стандартындагы телеберүү тармактарынын курулушун эсептөө жана санариптик телерадиоберүүнүн электромагниттик шайкештигин илилдөө;

3) Кыргыз Республикасында санариптик жер үстүндөгү телекөрсөтүүнүн жана мобилдик кең тилкелүү жеткиликтүүлүктүн жанаша жашоо принциптерин изилдөө;

4) радио жыштык спектрин бөлүшүүнү камсыз кылуу үчүн спектрди башкаруу платформаларын иштеп чыгуу;

5) заманбап технологиялык аянтчаларды колдонуу менен реалдуу убакыт режиминде РР станцияларды автоматташтырууну киргизүү.

Иштин илимий жаңылыгы. Кыргыз Республикасында санариптик телекөрсөтүү жана заманбап зымсыз тармактарды ишке киргизүү үчүн радио жыштык спектрин башкаруунун жана электромагниттик шайкештикти талдоонун илимий-техникалык жана технологиялык негиздери иштелип чыккан. Заманбап технологиялык платформаларды колдонуу менен реалдуу убакыт режиминде РРС-59 автоматташтырылган:

- санариптик телеберүүнүн жана зымсыз кең тилкелүү тармактардын электромагниттик шайкештигинин эсептөөлөрүн изилдөө методикасы жана аларды автоматташтыруу боюнча ар кандай ыкмалар иштелип чыккан;

- DVB-T2 стандартында санариптик телеберүү тармактарын курууну жана аны модернизациялоого кеткен чыгымдардын эсептөөлөрүн Нарын облусунун мисалында сунуштаган;

- жер үстүндөгү санариптик телеберүүнүн жана мобилдик кең тилкелүү жеткиликтүүлүктүн жанаша жашоосунун изилдөө ыкмалары жана принциптери изилденген;

- санариптик телерадиоберүүнү жана зымсыз кең тилкелүү технологияларды ишке ашыруу үчүн биринчи жолу радио жыштык спектрин башкаруу ыкмалары жана платформалары сунушталды;

- маалыматташтыруу процесстерин өнүктүрүү максатында биринчи жолу РПО РМТР базасында заманбап технологиялык платформалардын базасында РР станцияларды аралыктан көзөмөлдөө автоматташтырылган системасы киргизилди.

Алынган натыйжалардын практикалык мааниси. Диссертациянын бардык негизги натыйжалары олуттуу практикалык мааниге ээ.

Радио жыштык спектрин бөлүшүү үчүн иштелип чыккан спектрди башкаруу платформалары.

Автоматташтыруунун натыйжалары иш жүзүнө киргизилди жана азыр төмөндөгү РР станцияларында иштеп жатат:

1. РРС-59 станциясы Баткен облусунун Бешкент айылдын түндүгүндөгү Бели-Сынык тоосунда жайгашкан;

2. РРС-50 Таш-Көмүр шаарында;

3. РРС-66 Чоң-Алай районунда;

4. РРС-24 Аска районунда.

Математикалык моделдөө методдору ОшГУнун байланыш түйүндөрү жана телекоммуникация системалары кафедрасынын окуу процессине киргизилген. жана тиешелүү актылары менен тастыкталган.

Коргоо алынып чыгуучу диссертациянын негизги жоболору:

1. Санариптик телеберүүнүн радиожыштык спектрин башкаруу жана жыштык планы;
2. Нарын облусунда DVB-T2 стандартындагы телеберүү тармактарын жана Бишкек шаарынын аймагында жана анын чет жакаларында болжолдонгон зымсыз жетүү тармагын куруу үчүн эсептөөлөр;
3. Кыргыз Республикасында санариптик жер үстүндөгү телекөрсөтүүнүн жана мобилдик кең тилкелүү жеткиликтүүлүктүн жанаша жашоосунун принциптери;
4. Радиожыштык спектрин биргеликте колдонуу үчүн спектрди башкаруу платформалары;
5. Заманбап технологиялык платформаларды колдонуу менен реалдуу убакыт режиминде PP станцияларын автоматташтыруу.

РЕЗЮМЕ

диссертации **Мойдунова Тайрья Толоновича** на тему «Физико-технические основы цифрового телерадиовещания в Кыргызской Республике», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 - автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)

Ключевые слова: управление радиочастотным спектром, электромагнитная совместимость, сосуществование цифрового наземного телевидения и мобильного широкополосного доступа, зона обслуживания РРС, сетевые помехи Long Term Evolution (LTE), автоматизация РРС-59.

Актуальность темы диссертации. Кыргызская Республика является горной страной, поэтому регулярное техническое обслуживание и эксплуатация радиорелейных станций (РРС) создает значительные проблемы для РПО РМТР наряду с финансовыми затратами. Поэтому важно разрабатывать системы удаленного управления и безопасности в режиме реального времени с использованием современных технологических платформ. В данной диссертации основное внимание уделяется вышеуказанным вопросам, и тема диссертации безусловно считается *актуальной*.

Цель исследования. Основной целью является разработка и внедрение цифрового наземного телерадиовещания, управления радиочастотного спектра и автоматизация РРС на основе современных платформ.

Задачи исследования. На основе системного подхода, предстояло решить следующие научно-прикладные задачи, имеющие важное социально-экономическое значение:

1. изучить управления радиочастотного спектра и частотный план для цифрового телевидения;
2. рассчитать построение сетей телевизионного вещания в стандарте DVB-T2 в Нарынской области и исследовать электромагнитную совместимость цифрового телерадиовещания;
3. исследовать принципы сосуществования цифрового наземного телевидения и мобильного широкополосного доступа в КР;
4. разработать платформы управления использованием спектра для обеспечения совместного использования радиочастотного спектра;
5. внедрить автоматизацию РРС в реальном режиме времени с применением современных технологических платформ.

Научная новизна работы. Разработаны научно-технические и технологические основы по управлению радиочастотного спектра и анализа электромагнитной совместимости при внедрениях цифрового телевидения и совре-

менных сетей беспроводной связи в Кыргызской Республике. Автоматизированы РРС в реальном режиме времени с применением современных технологических платформ:

- разработаны электромагнитная совместимость цифрового телерадиовещания и сетей беспроводной широкополосной связи;

- расчеты построение сетей цифрового телевизионного вещания в стандарте DVB-T2 и модернизация на примере Нарынской области;

- исследованы методы изучения и принципы сосуществования цифрового наземного телевещания и мобильного широкополосного доступа;

- предложены подходы и платформы управления радиочастотного спектра при внедрении цифрового телерадиовещания и технологий беспроводных широкополосной связи;

- впервые внедрена автоматизация и охрана пожарной сигнализации на основе современных технологических платформ на базе РПО РМТР.

Практическая значимость полученных результатов. Все основные результаты диссертации имеют значительную практическую ценность.

Разработанные платформы управления использованием спектра для обеспечения совместного использования радиочастотного спектра.

Расчеты построения сетей цифрового телевещания и разработанные системы автоматизация пожарной сигнализации на основе современных технологических платформ были внедрены в РПО РМТР ЮУРС и подтверждены актом о внедрении.

Результаты автоматизации реализованы на практике и данный момент работают на следующих РР станциях:

1. РРС-59 станция расположена на горе Бели-Сынык, севернее с. Бешкент Баткенской области;
2. РРС-50 Таш-Кумыр верхний;
3. РРС-66 Чон-Алайский район;
4. РРС-24 Аскынский район.

Методы математического моделирования в прикладных задачах внедрены в учебный процесс кафедры «ССиСТ» ОшТУ им. М.М. Адышева.

SUMMARY

dissertation of Moidunov Tayrya Tolonovich on the topic “Physical and technical foundations of digital television and radio broadcasting in the Kyrgyz Republic”, submitted for the degree of Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.13.06 - automation and control of technological processes and production (by industry)

Keywords: RF spectrum management, electromagnetic compatibility, digital terrestrial television and mobile broadband coexistence, PPC service area, Long Term Evolution (LTE) network interference, Internet of Things (IoT), PPC-59 automation.

The relevance of the dissertation topic. The Kyrgyz Republic is a mountainous country, so the regular maintenance and operation of radio relay stations (RRS) creates significant problems for RPO RMTR along with financial costs. Therefore, it is important to develop real-time remote control and security systems using modern technology platforms. This dissertation focuses on the above issues, and the topic of the dissertation is certainly considered RELEVANT.

Purpose of the study. The main goal is the development and implementation of digital terrestrial broadcasting, radio frequency spectrum management and PPC automation based on modern platforms.

Research objectives. On the basis of a systematic approach, it was necessary to solve the following scientific and applied problems of great socio-economic importance:

- 1) study the management of the radio frequency spectrum and the frequency plan for digital television broadcasting;
- 2) calculate the construction of television broadcasting networks in the DVB-T2 standard in the Naryn region and investigate the electromagnetic compatibility of digital television and radio broadcasting;
- 3) explore the principles of coexistence of digital terrestrial television and mobile broadband access in the Kyrgyz Republic;
- 4) develop spectrum management platforms to ensure sharing of the radio frequency spectrum;
- 5) implement PPC automation in real time using modern technological platforms.

Scientific novelty of the work. Scientific, technical and technological foundations for the management of the radio frequency spectrum and analysis of electromagnetic compatibility have been developed for the implementation of digital television and modern wireless networks in the Kyrgyz Republic. Automated PRS in real time using modern technological platforms:

- various approaches have been developed on the method of studying the calculations of the electromagnetic compatibility of digital television broadcasting and wireless broadband networks and their automation;

- proposed the construction of digital television broadcasting networks in the DVB-T2 standard and calculations of its costs for modernization on the example of the Naryn region;

- research methods and principles of coexistence of digital terrestrial television broadcasting and mobile broadband access have been researched;

- for the first time, approaches and platforms for managing the radio frequency spectrum were proposed for the implementation of digital television and radio broadcasting and wireless broadband technologies;

- for the first time, in order to develop informatization processes, automation and protection of fire alarms were introduced on the basis of modern technological platforms based on RPO RMTR.

Practical significance of the obtained results. All the main results of the doctoral dissertation have significant practical value.

Spectrum management platforms developed to enable sharing of the radio frequency spectrum. Determining the possibility of spectrum distribution as part of the sharing economy in 6G, access to the spectrum in mass IoT were introduced in the Osh branch of the service for regulation and supervision in the communications industry under the ICR KR.

Calculations for the construction of digital television networks and the developed fire alarm automation systems based on modern technological platforms were implemented in the RPO RMTR YuURS and confirmed by the implementation certificate.

The results of automation have been implemented in practice and are currently working at the following PP stations:

1. RRS-59 station is located on Mount Beli-Synyk, north of the village. Beshkent, Batken region;
2. RRS-50 Tash-Kumyr upper;
3. RRS-66 Chon-Alai region;
4. RRS-24 Askysky district.

Methods of mathematical modeling in applied problems are introduced into the educational process of the department "SSiST" of OshTU. MM. Adyshev and are confirmed by the relevant acts of implementation.

Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.
Бумага офсетная. Объем 1,5 п. л.
Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии
Ж.И. «Сарыбаев Т.Т.»
720040, Бишкек, ул. Манаса, 101.
+996 708 05 83 68