

УДК 621.395.742(575.2: 004.1)

АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСЛУГ СВЯЗИ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Статья поступила в редакцию 27.03.2018, в окончательном варианте – 25.06.2018.

Зимин Игорь Викторович, Институт электроники и телекоммуникаций при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66,

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой телекоммуникаций, ORCID 0000-0002-3489-8555, e-mail: igorzimin777@mail.ru

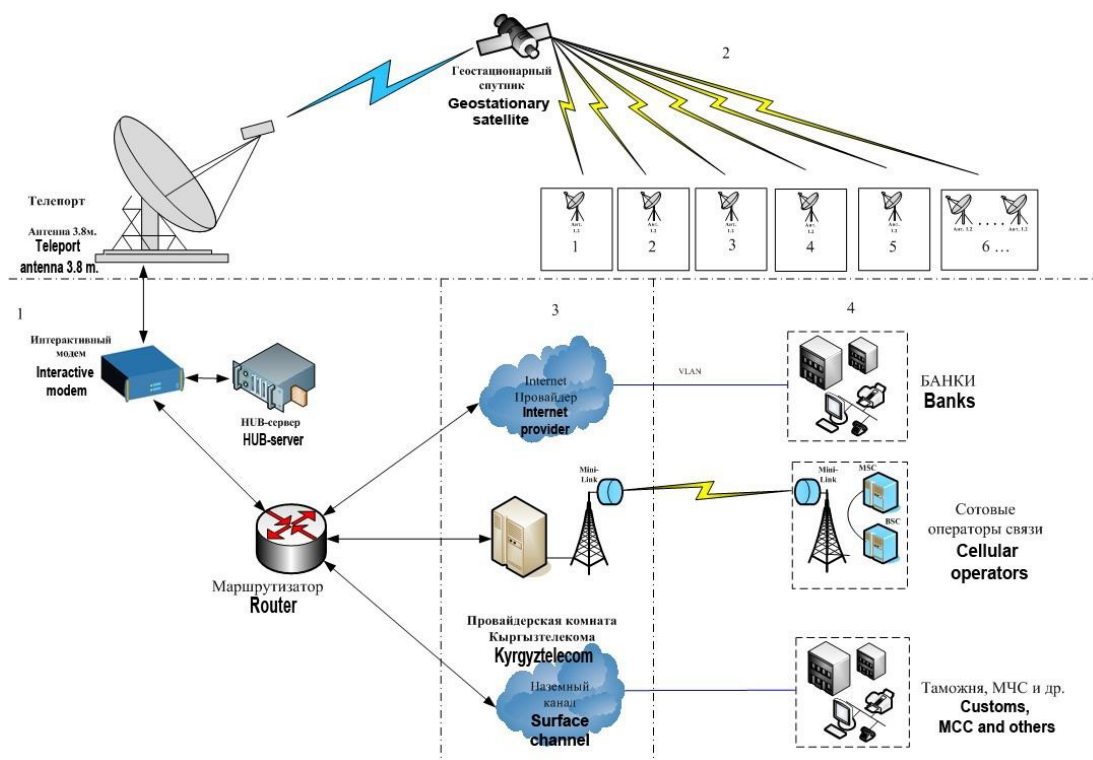
Нурматов Курманбек Байышевич, Институт электроники и телекоммуникаций при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66,

магистрант, e-mail: k.nurmatov@yandex.com

В статье исследована технико-экономическая эффективность возможных решений, обеспечивающих надежное предоставление телекоммуникационных услуг в труднодоступных районах Кыргызской Республики. Приведен аналитический обзор существующих технологий, применяемых в республике при создании/развитии сетей передачи данных в труднодоступных районах. Показана нерациональность применения кабельных соединений для обеспечения связи в таких районах. Рассмотрены возможности использования спутниковой связи для обеспечения телекоммуникационного соединения различных пользователей на территории Кыргызской Республики. Выполнен энергетический расчет для спутникового канала Бишкек – Бангкок. Сделан вывод о том, что технология радиодоступа на сегодняшний день является наиболее приемлемой для построения телекоммуникационных сетей в отдаленных районах. Она обладает приемлемой стоимостью, широкой масштабируемостью, гибкостью, не накладывает каких-либо ограничений на протоколы вышестоящего уровня.

Ключевые слова: труднодоступные районы, телекоммуникационная инфраструктура, магистраль, цифровая сеть, орбита, спутник, технологии, развитие, канал, волоконная оптика, виды связи, надежность связи

Графическая аннотация (Graphical annotation)



**CREATION OF OPPORTUNITIES
FOR COMMUNICATION SERVICES DELIVERING
TO HARD REACHABLE SETTLEMENTS
IN KYRGYZ REPUBLIC**

The article was received by editorial board on 27.03.2018, in the final version – 25.06.2018.

Zimin Igor V., Institute of Electronics and Telecommunications, Kyrgyz State Technical University after I. Razzakov, 66 Aitmatov Ave., Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic,
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Telecommunications, ORCID 0000-0002-3489-8555, e-mail: igorzimin777@mail.ru

Nurmatov Kurmanbek B., Institute of Electronics and Telecommunications, Kyrgyz State Technical University after I. Razzakov, 66 Aitmatov Ave., Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic,
graduate student, e-mail: k.nurmatov@yandex.com

The article dwells on technical and economic expediency of possible solutions for reliable provision of telecommunication services in hard-to-reach areas of the Kyrgyz Republic. The authors conducted an analytical review of existing technologies applied in the Republic while creating/developing networks of data transmission in hard-to-reach areas and showed inefficiency of using cable connection for providing communication services in these areas. The paper reviews possibilities of using satellite communication to ensure telecommunication connection for different users in the Kyrgyz Republic and presents energy calculation of the Bishkek - Bangkok satellite channel. The study resulted in a conclusion that the radio access technology is currently the best technology for developing telecommunication networks in hard-to-reach areas. It is affordable, widely scalable, flexible and does not impose any restrictions on higher level protocols.

Keywords: hard-to-reach areas, telecommunication infrastructure, highway, digital network, orbit, satellite, technology, development, channel, fiber optics, types of communication, communication reliability

Введение. Особенность Кыргызстана, имеющего площадь около 200 тысяч кв. км, в том, что это горная страна. Горы, в том числе и очень высокие, составляют более 85 % ее территории. Это обуславливает особенности построения телекоммуникационной инфраструктуры Кыргызской Республики. В республике имеется достаточно много труднодоступных локальных участков территории (в том числе горных котловин), на которых проживает небольшое количество населения; разрабатываются месторождения; строятся или эксплуатируются гидроэлектростанции. Все эти места должны быть включены в систему цифровой экономики Кыргызской Республики через единую цифровую сеть передачи данных, охватывающую горные, труднодоступные районы [9, 10].

Способы (методы) такого включения не только должны быть согласованы с техническими характеристиками общей сети, но и реализовываться, по возможности, экономичными методами.

Отметим, что проблема обеспечения связи в горных районах существует не только в Кыргызской Республике, но и ряде других стран, включая европейские. Однако, например, по сравнению с большинством «горных» стран Европы в Кыргызской Республике выше доля участков высокогорной местности; ниже плотность населения на таких участках местности; слабее развита транспортная сеть. Это обуславливает существенные различия в выборе эффективных технико-экономических решений по обеспечению связи.

В настоящее время разрабатывается проект «Цифровой Кыргызстан 2040», в рамках которого к 2040 г. вся Кыргызская Республика должна быть охвачена широкополосной сетью передачи данных. В результате этого к «скоростному» Интернету должны получить доступ все предприятия, учреждения (организации) и 100 % населения [5, 9].

Поэтому целью статьи был технико-экономический анализ возможных решений, которые могут быть использованы для решения этих задач. В частности, исследованы спутниковые системы и их применимость в географических и природно-климатических условиях Кыргызской Республики; изучены услуги, предоставляемые системами спутниковой связи; произведен анализ существующих стандартов цифрового спутникового вещания.

Технологии развития сетей передачи данных в горных и труднодоступных районах. Телекоммуникационную инфраструктуру сетей передачи данных (СПД) в современных условиях можно строить на основе трех технологий, как правило, комбинируя их, адаптируя к конкретным условиям определенной местности:

- волоконно-оптических линий связи (ВОЛС);
- наземной радиосвязи (радиорелейная связь, мобильная радиосвязь, радиодоступ и др.);
- спутниковой радиосвязи.

На локальных участках территорий с небольшим трафиком могут также применяться традиционные «медные» кабели, в том числе для передачи цифровых сигналов.

Рассмотрим достоинства и недостатки каждой из указанных трех технологий в отношении развития СПД в горных и труднодоступных районах.

Основные достоинства ВОЛС: широкополосность, то есть по ним можно со скоростью до 10 Гбит/с передавать очень большие массивы данных; «нечувствительность» к воздействию электромагнитных помех. В настоящее время ВОЛС считаются наиболее подходящими для создания магистральных линий связи. На рисунке 1 представлена схема ВОЛС на территории Кыргызской Республики [9]. Общая протяженность ВОЛС на 01.05.2018г оценивается величиной в 16 тыс. км.

Существенно, что ВОЛС обеспечивают телекоммуникационные связи не только внутри республики, но и с соседними странами. Дать количественные оценки объемов фактического трафика по ВОЛС внутри республики и международного достаточно сложно.

В большинстве случаев ВОЛС представляют собой единственный кабель, что делает особо важной вопросы защиты его от повреждений. Для объективности отметим, что ВОЛС (в отличие от «медных» линий связи) не представляют интереса для злоумышленников в отношении их кражи и сдачи в виде «лома металлов» на переработку.

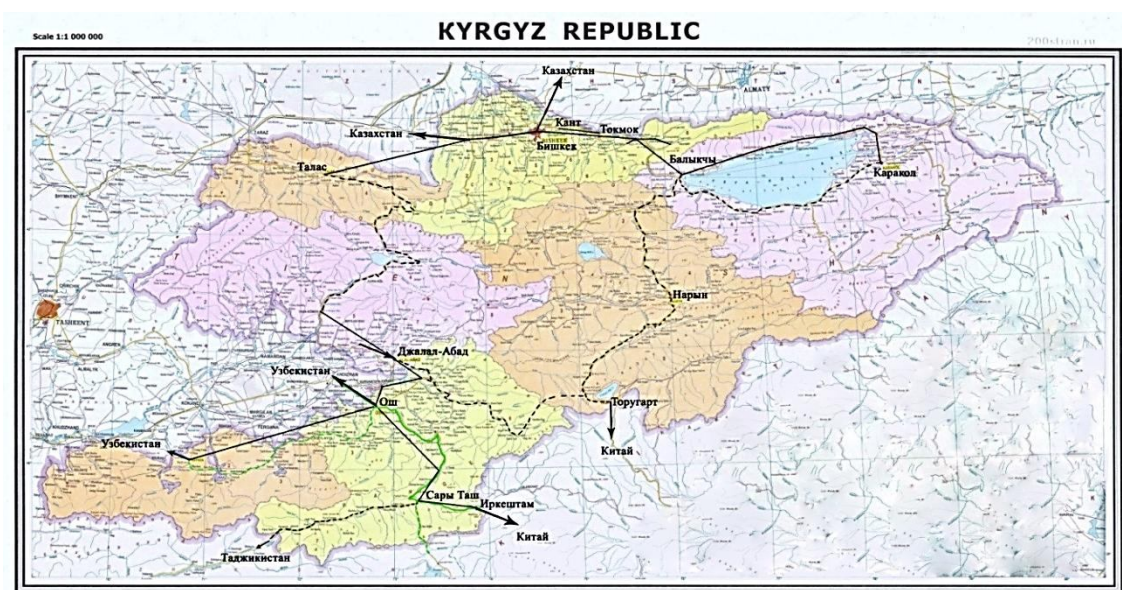


Рисунок 1 – Схема ВОЛС на территории Кыргызской Республики

Планируется к 2040 г. довести протяженность ВОЛС в республике до 50 тыс. км. На ВОЛС, в частности, будут реализованы стыки между телекоммуникационными сетями Кыргызстана и соседних стран. Операторы связи Кыргызской Республики постараются к 2040 г. подвести ВОЛС к каждому домохозяйству, там, где это технически возможно и экономически целесообразно. Однако строительство ВОЛС в горных условиях с учетом необходимости обеспечения защиты от потенциально возможных неблагоприятных природных воздействий (лавины, сели, смещения горных пород, возможность промерзания грунта и т.д.) приводит к высокой стоимости прокладки таких сетей. Поэтому операторы связи, как правило, не предусматривают использование ВОЛС для обеспечения связи с горными и труднодоступными районами (в том числе и в рамках своих перспективных планов). Считается, что стопроцентный охват всех горных и труднодоступных районов республики сетями передачи данных с помощью ВОЛС практически невозможно обеспечить [1, 9].

Наземная радиосвязь широко используется в Кыргызской Республике. В горных условиях она имеет такие неоспоримые преимущества, как быстрота и невысокая стоимость развертывания сети. Построить несколько радиорелейных станций на горных хребтах и создать на их основе радиорелейную линию связи (РРЛС) между населенными пунктами, удаленными друг от друга, например, на 500 км, намного быстрее и экономичнее по сравнению с прокладкой ВОЛС или «высокочастотного медного кабеля». Поэтому использование РРЛС связи для создания магистральных линий связи между регионами и зональных линий связи внутри регионов широко используется в настоящее время, а их протяженность составляет десятки тысяч километров. Однако строительство и обслуживание РРЛС для всех населенных пунктов в горных и труднодоступных районах экономически нецелесообразно, в том числе в силу неблагоприятных природно-климатических воздействий на оборудование на горных хребтах. Поэтому обеспечение отдельных населенных пунктов небольшого размера связью с использованием РРЛС используется редко [5].

Спутниковая радиосвязь (СРС). Ее главное достоинство – возможность обеспечения стопроцентного охвата всех объектов телекоммуникационной связью. Главный недостаток – более высокая стоимость услуги в «обычных условиях» по сравнению с ВОЛС и РРЛС. Под обычными условиями здесь понимается регулярное (систематическое) использование СРС на уже «обжитой» операторами связи территории, т.е. там, где широко используется ВОЛС и/или РРЛС [2, 4, 6].

В таких условиях СРС применяется редко, например, в случаях, когда для повышения надежности наземная связь через ВОЛС или РРЛС дублируется сетью СРС. Однако в случае горных или труднодоступных территорий, когда обязательно надо включить небольшой контингент пользователей, проживающих на этих территориях, в единую СПД республики, СРС имеет такие несомненные преимущества, как быстрота развертывания и экономичность при установке. Достаточно поставить два небольших устройства (у пользователя и на центральной станции); настроить их на совместную работу через спутник связи, уже находящийся на геостационарной орбите. Поэтому, как правило, в таких случаях используется СРС, обеспечивающая охват связью любых объектов в любой точке территории республики [2, 4].

Развитие СПД в горных и труднодоступных районах с использованием технологий СРС. Общая схема СПД с включением горных и труднодоступных районов через СРС показана на рисунке 2.

Оператор связи через центральную и локальную наземные станции СРС и спутник связи, расположенный на геостационарной орбите (на высоте 34000–38000 км), обеспечивает включение локальной СПД труднодоступного участка территории в единую СПД Кыргызской Республики. При этом для различных пользователей сети могут быть спроектированы и использованы различные схемы такого включения. Обычно при включении горного или труднодоступного района (участка территории) в единую СПД Кыргызской Республики в первую очередь требуется обеспечить для этого района работоспособность системы обслуживания банков. При этом требуется выполнять особые условия по надежности линии связи [2, 3].

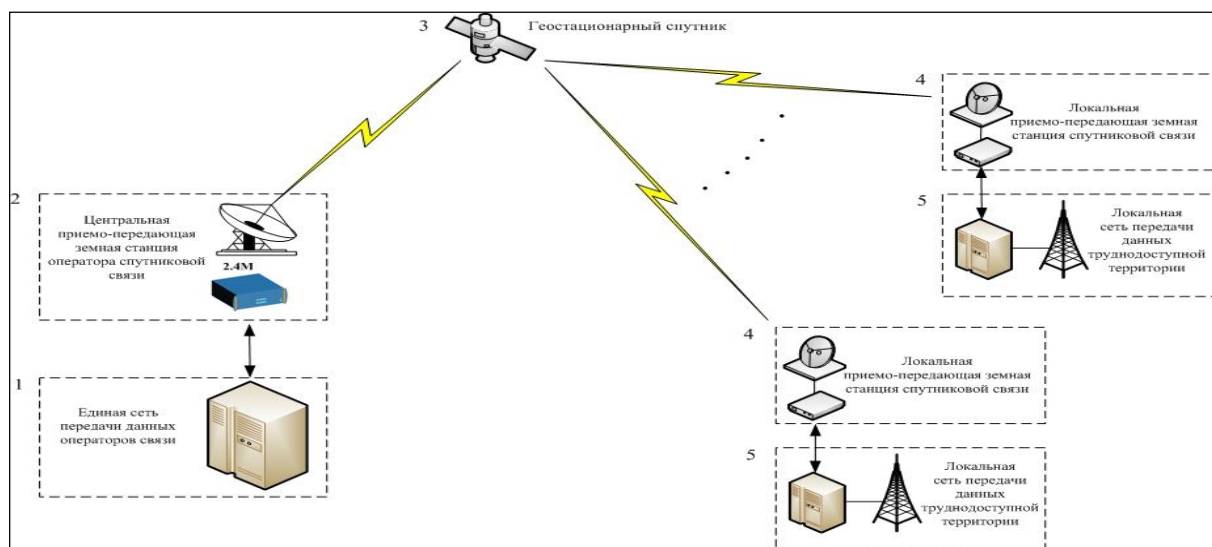


Рисунок 2 – Схема включения локальной СПД для труднодоступного участка территории в единую СПД Кыргызской Республики

Каждый банк использует свою защищенную выделенную СПД. Поэтому оператор СРС также создает выделенный канал, который соединяет СПД банка с локальными филиалами банка. На рисунке 3 показана такая схема работы выделенной сети банка. Аналогичная схема используется также, если банк резервирует свои наземные СПД с помощью средств СРС.

Спутниковый канал передачи данных используется также СПД Министерства по чрезвычайным ситуациям Кыргызской Республики, как показано на рисунке 4.

Спутниковый канал передачи данных используется также сетью передачи данных Министерства по чрезвычайным ситуациям Кыргызской Республики, как показано на рисунке 4 [2, 4, 5].

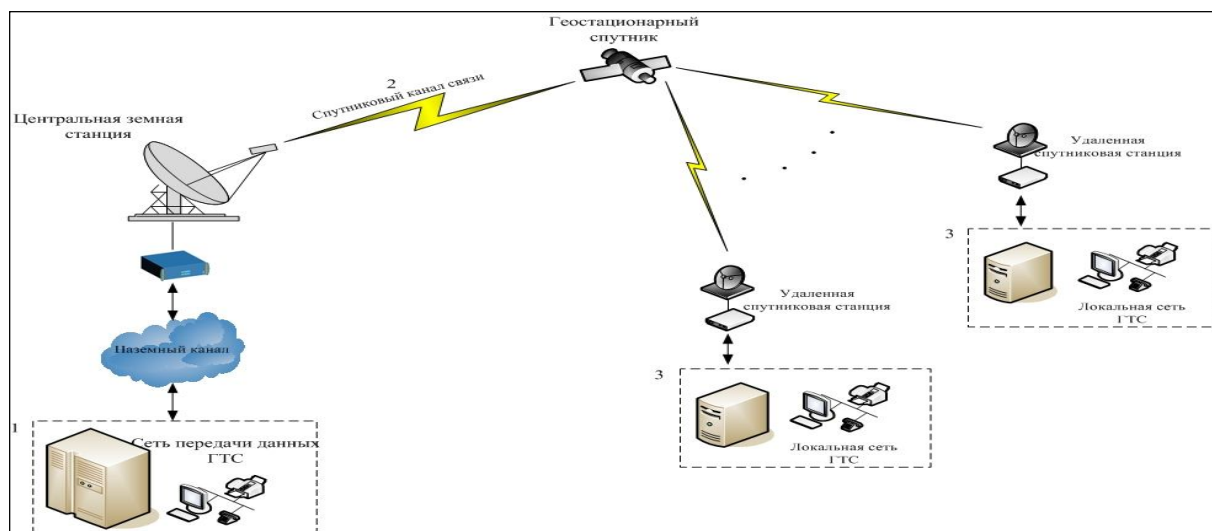


Рисунок 3 – Схема включения филиала банка в труднодоступном районе в выделенную СПД банка: 1 – выделенная СПД банка; 2 – спутниковый канал связи, включающий приемно-передающее оборудование станций СРС и спутников связи; 3 – оборудование передачи данных филиалов банков

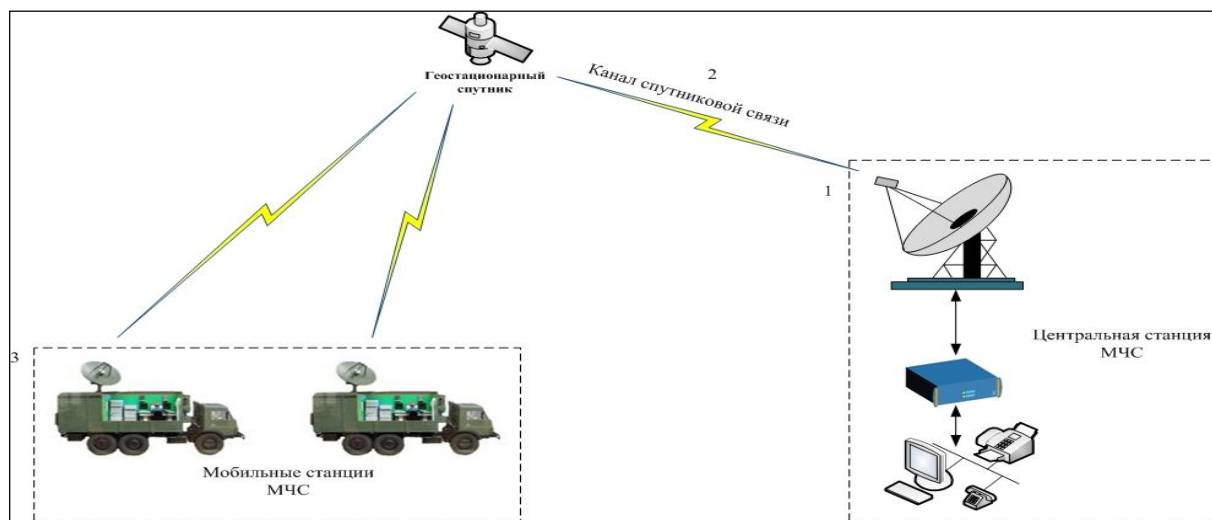


Рисунок 4 – Схема сети передачи данных МЧС с использованием каналов спутниковой связи: 1 – центральная станция передачи данных МЧС; 2 – канал СРС; 3 – мобильные станции связи МЧС

Компания «Исател», являющаяся дочерней компанией Международной организации космической связи «Интерспутник», используя вышеописанные схемы обеспечивает в горных и труднодоступных районах республики развитие СПД как операторов связи, так и банков, ряда государственных служб Кыргызской Республики. Общая схема развития сетей передачи данных в республике показана на рисунке 7.

Стоимость услуг связи для конечных пользователей при этом оказывается в несколько раз ниже аналогичных услуг, предоставляемых геостационарными системами (благодаря использованию недорогих абонентских станций).

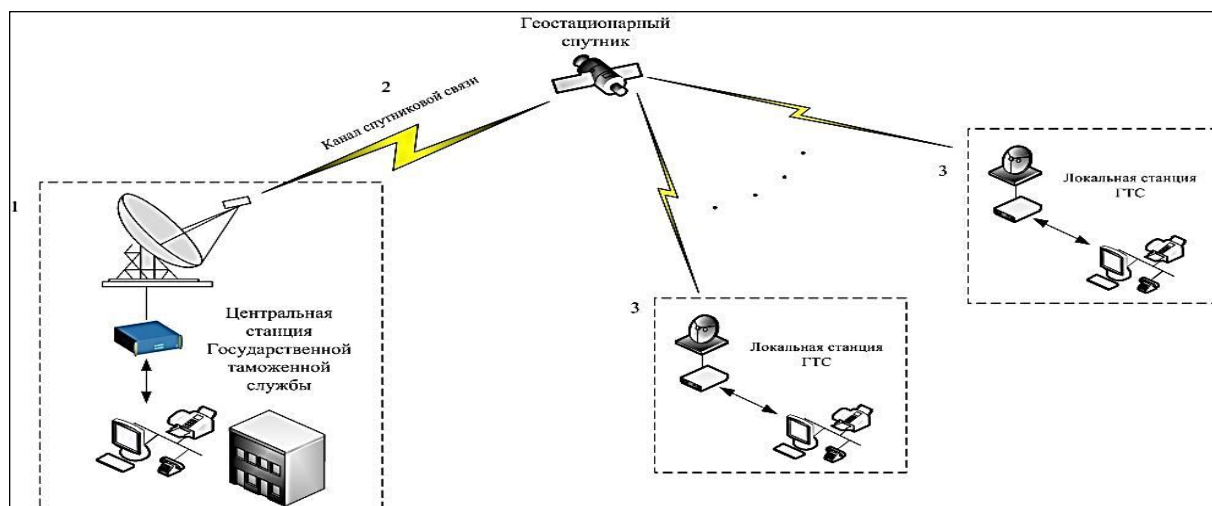


Рисунок 5 – Схема СПД Государственной таможенной службы Кыргызской Республики

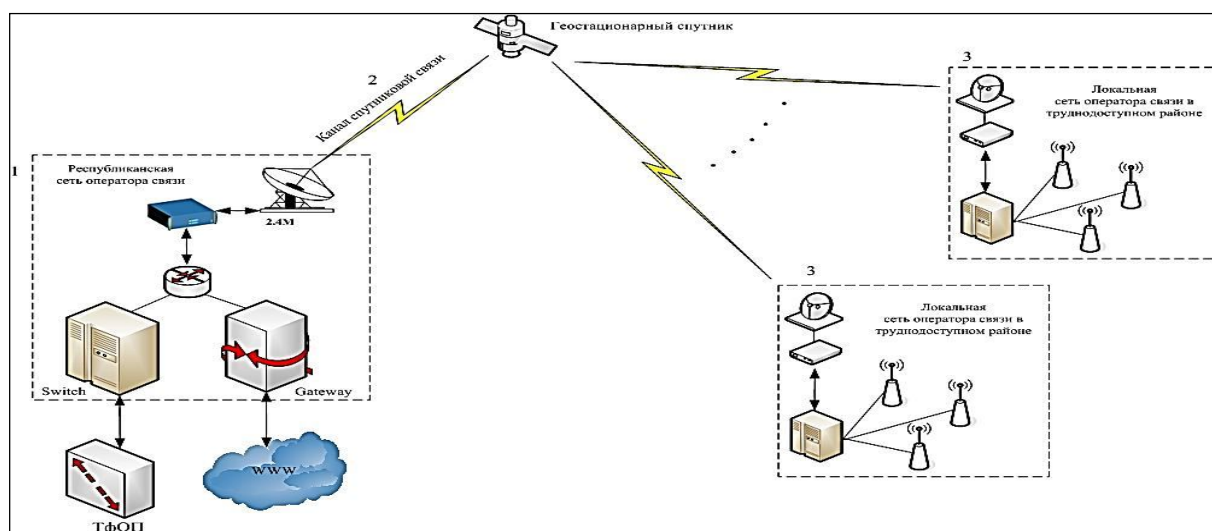


Рисунок 6 – Схема включения труднодоступных районов в общую республиканскую сеть оператора связи

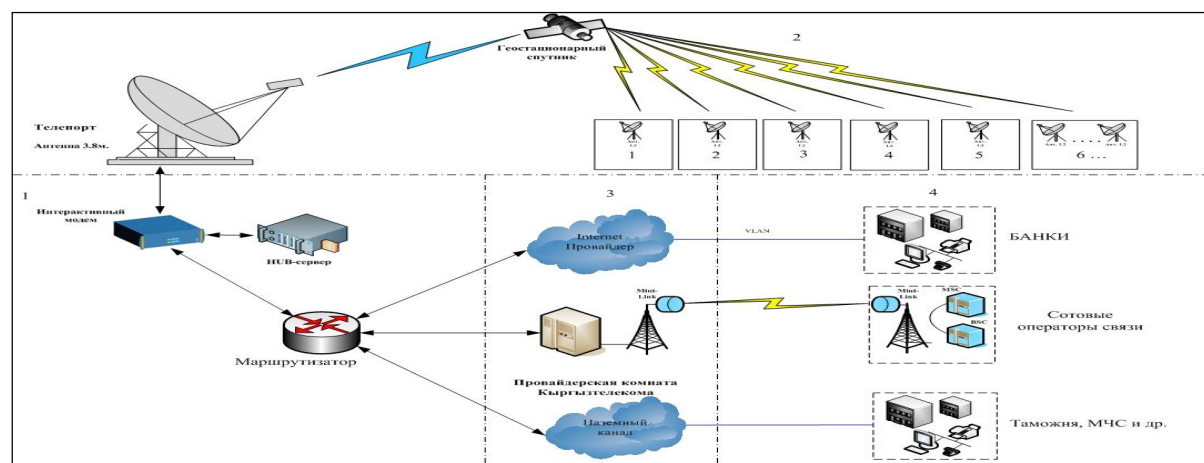


Рисунок 7 – Общая схема развития СПД в горных и труднодоступных районах республики: 1 – центральная наземная станция оператора спутниковой связи; 2 – канал спутниковой связи для соединения локальных сетей передачи данных; 3 – единая сеть передачи данных республики; 4 – клиентская сеть передачи данных

Обеспечение связи для лиц, находящихся вне населенных пунктов. Существует также проблема обеспечения связи для контингентов лиц, которые находятся вне населенных пунктов. К стационарным пользователям этой категории отнесем отдельные «чабанские точки». К мобильным пользователям этой категории можно отнести: пастухов, осуществляющих выпас овец на отдаленных пастбищах; горных туристов и альпинистов; геологов, проводящих соответствующие исследования; проектно-изыскательские группы, работающие в интересах проектно-строительных организаций и пр. Надежная связь для этих контингентов лиц важна с позиций не только обеспечения эффективности их деятельности, но и информационной безопасности [12].

Обеспечение операторами мобильной связи «покрытия» районов без постоянного населения обычно является экономически не эффективным [13, 14]. Поэтому такой связи на многих горных участках территории нет.

Преимуществом приемо-передатчиков диапазона УКВ является их малый вес, особенно если модели имеют специальное исполнение. Недостаток заключается в том, что в горных условиях УКВ-радиостанции могут работать обычно только в пределах прямой видимости (чаще всего на расстояниях до нескольких километров).

Для КВ-радиостанций в горных условиях также характерно наличие «радиотени». При этом использование внешних антенн может обеспечить расширение радиуса приема-передачи, но часто не позволяет избежать радиотени (например, в глубоких ущельях).

Средневолновые радиостанции дают возможность обеспечения связи и в ущельях, особенно при использовании внешних антенн. Однако они имеют относительно большой вес; обычно – большее энергопотребление.

Принципиально важным является также то, что КВ и, особенно, средневолновые радиостанции позволяют обеспечить передачу лишь относительно небольших объемов информации.

В принципе этот контингент пользователей может использовать и мобильные двусторонние системы СРС. Однако они дороги для индивидуальных пользователей; требуют использования средств настройки на спутник, которые сложно осваивать лицам, не являющимся специалистами в области связи.

Для проведения корректного сравнительного анализа построения СПД рассмотрим **спектральную эффективность для канала СРС**. При этом необходимо учесть, что набор параметров по умолчанию (диапазон, ширина полосы частот, разнос сот и т.д.) сравниваемых систем должен быть более или менее идентичен. Такой подход обуславливается тем, что при изменении (увеличении) ширины полосы частот изменяются и предельные теоретические показатели по скорости передачи информации по линиям связи. Кроме традиционного подхода к оценке спектральной эффективности (СЭ) телекоммуникационных систем, существуют и другие подходы к расчету СЭ, которые учитывают особенности не только конкретного канала связи, но и системы в целом. Увеличение пропускной способности системы при этом улучшит эффективность использования спектра путем осуществления контроля помех в приемнике. Экономический анализ показал, что затраты на подобные усовершенствования значительно перекрываются выгодами, получаемыми от повышения эффективности использования спектра [12, 8].

Инфраструктура для эффективных интегрированных спутниковых услуг. В рамках проекта IST IMOSAN рабочей группой специалистов государственной автоматизированной системы Кыргызской Республики было разработано и реализовано решение DVB спутникового доступа к интегрированным услугам. Оно представляет собой дополнение и расширение наземных платформ TriplePlay в случаях, когда они оказались недостаточными. Разработанная система, общая архитектура которой изображена на рисунке 8, обеспечивает гибкую и жизнеспособную линию широкополосной связи для отдельных пользователей [21].

Роль спутниковых технологий в доставке услуг связи в труднодоступные пункты. Доступ в Интернет всегда был основной услугой, предлагаемой интерактивной спутниковой сетью на основе DVB. Поэтому он является важной частью «пакета» услуг TriplePlay. Выделенный Firewall/Proxy может использоваться для соединения спутниковой платформы провайдера к сети Интернет и других проводных или беспроводных локальных IP-сетей. Также возможен обмен данными «пользователь-пользователь», хотя и с немалой задержкой из-за «двойного прыжка соединения, что дает возможность расширения охвата наземной телефонной сети в отдаленные районы страны, даже в случаях, когда невозможно организовать услуги мобильной связи. Во всех случаях стандартные методы ускорения протокола TCP, могут быть использованы с позитивным влиянием на производительность соединения. Следует также отметить, что в спутниковом нисходящем канале все потоки из разнородных услуг мультиплексируются в один пакет. При этом необходим механизм управления ресурсами, чтобы обеспечить поточное требуемое качество QoS. Потоки MulticastDTV к примеру должны быть доставлены с максимально низкими потерями. В то же время для голосового трафика должны быть сведены к минимуму задержки и искажения. А вот интернет-трафику (TCP) могут быть назначены более низкие требования QoS.

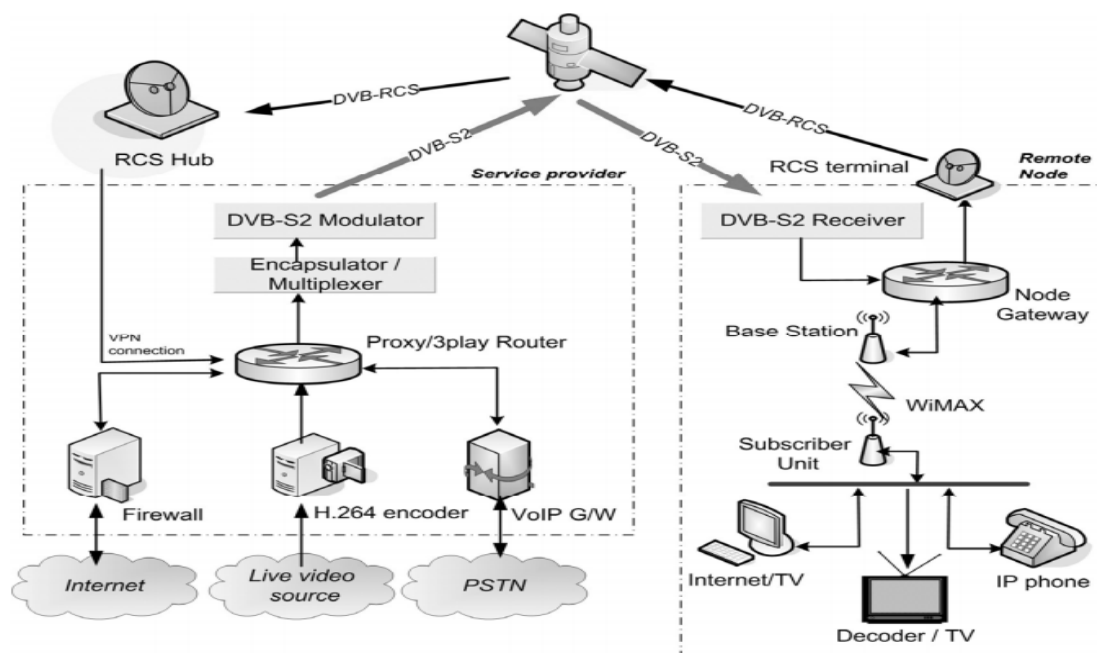


Рисунок 8 – Разработанная спутниковая инфраструктура для услуг Triple Play

Следовательно, для того чтобы при одном и том же запасе по энергетике (отношение «сигнал/шум»), DVB-S/RCS на одной и той же полосе могут передать большие объемы информации по сравнению с DVB-S2. Это особенно важно, когда результатом для оператора связи будет практически эквивалентное снижение издержек на единицу передаваемой в сети информации. Если же проблем с пропускной способностью в сети у оператора нет, то можно пойти на уменьшение запасов по энергетике вплоть до 2 дБ и использовать меньшие антенны, маломощные передатчики; просто получить резкий рост доступности сети и меньшую зависимость от метеоусловий.

АСМ модуляция позволяет операторам связи «забыть» о возможности плохой погоды, дождей и ливнях. Сеть изначально настраивается на максимальную пропускную способность в данном регионе (режим «чистого неба» – clearsky). Так как дожди, особенно сильные, обычно кратковременны, то оператор получает максимальную работоспособность сети в 80–90 % случаев от всего времени. В целом, теоретические расчеты показывают, что при переходе от DVB-S к DVB-S2 с использованием адаптивной модуляции выигрыш оператора в коммерческом трафике составляет от 30 до 50 %, в зависимости от размеров сети, географической разбросанности и дождевых регионов страны [22, 23, 24].

В настоящее время на рынке телекоммуникации Кыргызской Республики возник рост потребности в обеспечении необходимых скоростей передачи данных для организации надежного обмена данными между филиалами одной организации. В связи с этим представляется целесообразной организация комбинированной сети с помощью РРЛС и СРС для предоставления надежной радиосвязи со скоростью передачи данных до 80 Мбит/с. В принципе комбинированная сеть радиосвязи может обеспечить и большие скорости передачи данных. Например, между городами Балыкчы – Бишкек – Бангкок до 150 Мбит/с.

Данная сеть содержит следующие объекты:

- сервер сети находится в г. Бишкек (главный офис организации, который использует данную комбинированную сеть);
- «пользователь сети 1» в Балыкчы (филиал организации);
- «пользователь сети 2» – в г. Бангкок, Таиланд (постоянный партнер организации).

Радиосвязь между сервером (г. Бишкек) и «пользователем 1» (г. Балыкчы) организовывается по РРЛС, а между сервером (г. Бишкек) и «пользователем 2» (г. Бангкок) организована на основе спутниковой связи. Также аналогичным образом можно организовать радиосвязь и между другими филиалами (в городах на территории Кыргызской Республики) и партнерами (в городах других государств).

Энергетический расчет спутникового канала Бишкек – Бангкок. Исходные данные. ИСЗ спутник Чайнасант-10 (110,5° в.д.). Это геостационарный спутник, луч которого в С-диапазоне покрывает Китай, Японию, Индонезию, Индию, Средний Восток, страны СНГ.

Город Бишкек, где будет установлена наземная станция, имеет координаты 42°52' с.ш. и 74°39' в.д. Он находится в зоне с эквивалентной изотропно излучаемой мощностью потока энергии 39 дБВт.

Рассчитаем расстояния от наземной станции до бортового ретранслятора по формуле:

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot \cos \varphi}, \quad (1)$$

где $\cos \varphi = \cos \xi \cos \beta$, ξ – широта земной станции; β – разность долгот спутника и земной станции.

Подставляя исходные данные в формулу (1), получим:

$$\begin{aligned} d &= 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot \cos(42^\circ 52') \cdot \cos(25^\circ 51')} = \\ &= 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot 0,7329 \cdot 0,8999} = 38265 \text{ км}, \end{aligned} \quad (2)$$

Далее рассчитаем угол места и азимут на спутник с наземной станции по формулам:

$$\text{Азимут} = 180^\circ - \arctg\left(\frac{\operatorname{tg} \beta}{\sin \xi}\right), \quad (3)$$

$$\text{Угол места} = \arctg\left(\frac{\cos \beta \cdot \cos \xi - 0,15126}{\sqrt{\sin^2 \beta + \cos \beta \cdot \sin \xi}}\right), \quad (4)$$

где $\beta = \gamma - \delta$, γ – долгота подспутниковой точки, град; δ – долгота земной станции, град; ξ – широта земной станции, град.

Подставляя исходные данные, получим формулы (5) и (6), получим:

$$\text{Азимут} = 180^\circ - \arctg\left(\frac{\operatorname{tg} 25,85^\circ}{\sin 42,87^\circ}\right) = 180^\circ - 35,45^\circ = 144,55^\circ, \quad (5)$$

$$\text{Угол места} = \arctg\left(\frac{\cos 25,85^\circ \cdot \cos 42,87^\circ - 0,15126}{\sqrt{\sin^2 25,85^\circ + \cos 25,85^\circ \cdot \sin 42,87^\circ}}\right) = 34,07^\circ, \quad (6)$$

Далее рассчитаем затухание энергии сигнала в свободном пространстве. Для этого необходимо выбрать конкретный транспондер, через который будет работать сеть, чтобы знать частоты приема и передачи, необходимые для расчетов.

Для определенности выберем для расчетов транспондер 5А, центральные частоты этого транспондера – 6045 МГц на «uplink» и 3820 МГц на «downlink». Затухание энергии сигнала в свободном пространстве рассчитывается по формуле (7):

$$L = 20 \lg\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right), \quad (7)$$

где L – затухание энергии, дБ; d – расстояние между ИСЗ и ЗС, м; $\lambda = \frac{c}{f}$ – длина волны, м; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света; f – частота сигнала, Гц.

Для г. Бишкека затухание энергии сигналов в свободном пространстве за счет расхождения фронта волны на пути распространения «Земля – спутник» ($f = 6045$ МГц, $\lambda = 0,0496$ м) будет равно:

$$L \uparrow = 20 \lg\left(\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 38265 \cdot 10^3}{0,0496}\right) = 199,72 \text{ дБ}, \quad (8)$$

а на пути распространения «спутник – Земля» ($f = 3820$ МГц, $\lambda = 0,0785$ м) будет равно:

$$L \downarrow = 20 \lg\left(\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 38265 \cdot 10^3}{0,0785}\right) = 195,73 \text{ дБ}. \quad (9)$$

Для дальнейших расчетов необходимо воспользоваться некоторыми техническими характеристиками станции, приведенными в таблицах 1 и 2.

Таблица 1– Параметры центральной станции

Параметр	Величина	Обозначение
Диаметр антенны, м	4,6	D_{uc}
Коэффициенты усиления антенны: на передачу, дБ	43,4	$G_{пер\ uc}$
на прием, дБ	42	$G_{пр\ uc}$
Затухание в ВЧ-части: на передачу, дБ	4,1	$\eta_{пер\ uc}$
на прием, дБ	1,9	$\eta_{пр\ uc}$
Выходная мощность передатчика, дБ	13	$P_{пер\ uc}$
Эквивалентная шумовая температура, К	355	T_{uc}
Требуемое отношение сигнал/шум на входе приемника при вероятности ошибки 10^{-6} , дБ	7,2	$\left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)_{\Sigma uc}$

Таблица 2 –Параметры бортового ретранслятора

Параметр	Величина	Обозначение
Эквивалентная изотропно излучаемая мощность в центре зоны, дБ	40	ЭИИМ
Мощность бортового передатчика, дБ	17,40	P_{δ}
Затухание в ВЧ-части на передачу, дБ	2	$\eta_{перб.}$
на прием, дБ	2	$\eta_{прб.}$
Эквивалентная шумовая температура, К	1200	$T_{\Sigma \delta}$

Для дальнейших расчетов необходимо вычислить усиление антенны спутника в направлении на наземную станцию.

Воспользуемся формулой для расчета эквивалентной изотропно излучаемой мощностью в центре зоны ЭИИМ.

$$ЭИИМ = P_{пер} + G_{пер} - \eta_{пер}, \quad (10)$$

где ЭИИМ – эквивалентная изотропно излучаемая мощность в центре зоны; $P_{пер}$ – эффективная мощность сигнала на выходе передатчика, дБ; η – затухание в ВЧ-части, дБ.

Город Бишкек находится в зоне с ЭИИМ = 39 дБ. Преобразуем формулу (10):

$$G_{пер} = ЭИИМ - P_{пер} + \eta_{пер} \quad (11)$$

Вычислим усиление антенны спутника в направлении на г.Бишкек:

$$G_{пер\ \delta} = 39 - 17,4 + 2 = 23,6 \text{ дБ.}$$

Произведем расчет дополнительного затухания при распространении радиоволн в атмосфере. Для этого воспользуемся формулой (12):

$$L_{\delta on} = L_a + L_g + L_H + L_n, \quad (12)$$

где $L_{\delta on}$ – дополнительное затухание, дБ; L_a – поглощение энергии сигнала в атмосфере, дБ; L_g – потери в гидрометеорах, дБ; L_H – потери из-за несогласованности поляризации антенн, дБ.

Определим величину потерь для земной станции, исходя из графиков в рекомендациях Международного союза электросвязи и результатов, полученных по формулам (3) и (4) (азимут = 144,55°, угол места = 34,07°):

$$L_a = 1 \text{ дБ}; L_n = 1 \text{ дБ}; L_g = 7 \text{ дБ}; L_H = 2 \text{ дБ};$$

тогда:

$$L_{\delta on} = 1 + 1 + 7 + 2 = 11 \text{ дБ.}$$

Дополнительное затухание при распространении луча вниз ($L_{\delta on}^{\downarrow}$) будет отличаться от затухания при распространении луча вверх ($L_{\delta on}^{\uparrow}$) на малую величину, которой можно, пренебречь. Поэтому для удобства расчетов примем $L_{\delta on}^{\uparrow} = L_{\delta on}^{\downarrow}$.

На следующем шаге необходимо произвести расчёт мощности для передатчиков наземной станции и бортового ретранслятора. Так как мощность передатчика ИСЗ нам известна, то приведем

расчет мощности для наземной станции, исходя из условий минимизации мощности передатчика удаленной станции.

Расчет мощности передатчика наземной станции выполняется по формуле (13):

$$P_{пер.3} = L \uparrow + L_{дон} + k + T_{\Sigma\delta} + \Delta f_{ш.3} - G_{пер.3} - G_{пр.б} + \eta_{пер.3} + \eta_{пр.б} + a + \left(\frac{P_c}{P_{ш}} \right)_{\Sigma} \quad (13)$$

где $L \uparrow$ – затухание на трассе вверх, дБ; $L_{дон}$ – дополнительное затухание, дБ; $k = -228,6$ дБ – постоянная Больцмана; T_{Σ} – суммарная шумовая температура борта, дБ; $\Delta f_{ш.3}$ – шумовая полоса земной станции (ЗС), дБ; $G_{пер.3}$ – коэффициент усиления на передачу ЗС, дБ; $G_{пр.б}$ – коэффициент усиления на прием спутника, дБ; $\eta_{пер.3}$ – затухание в ВЧ-части наземной, станции на передачу, дБ; $\eta_{пр.б}$ – затухание в ВЧ-части спутника на прием, дБ; $a = 7$ дБ – коэффициент запаса; $(P_c/P_{ш})$ – отношение сигнал/шум на входе приемника, дБ.

Подставляя все вышеуказанные величины (выраженные в децибеллах) в формулу (13), получим:

$$P_{пер.3} = 199,72 + 11 - 228,6 + 30,79 + 36,43 - 43,4 - 23,6 + 4,1 + 2 + 7 + 7,2 = 2,64 \text{ дБ.}$$

Переведем $P_{пер.3}$ в ватты. При этом получаем:

$$P_{пер.3} = 10^{\frac{2,64}{10}} = 1,84 \text{ Вт.}$$

Для реальной станции для С-диапазона достаточно использование передатчика мощностью 2 Вт. Исходя из расчетов по мощности и энергетике радиолиний, делаем вывод о том, что система может быть вполне реализована с использованием существующего оборудования.

Для обеспечения беспомеховой работы наземной станции и ее «международной защиты» т.е. территории вокруг земной станции, которая совместно использует одну полосу частот с другими наземными станциями, предварительно необходимо провести международную координацию использования частот для данной наземной станции с приграничными странами, территория которых попадает в координационный контур этой наземной станции. Координационный контур – это линия, ограничивающая координационную зону. Координационная зона – территория вокруг наземной станции, совместно использующая одну полосу частот с другими наземными станциями, за пределами которой уровень допустимых помех не превышает. Координационный контур для наземной станции строится с использованием специального программного обеспечения, разработанного Международным союзом электросвязи в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р SM.1448 «Определение координационной зоны вокруг земной станции в полосах частот между 100 МГц и 105 ГГц» [14] (рис. 9).

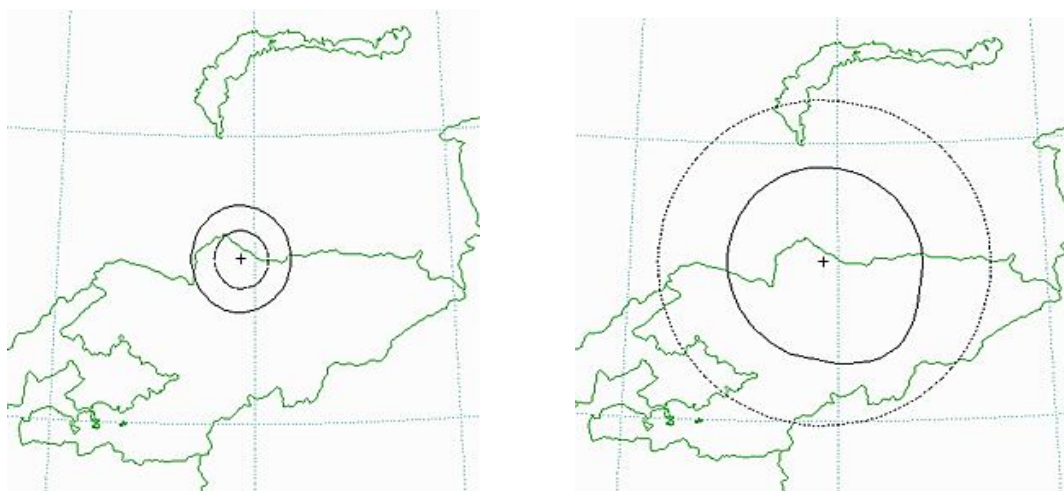


Рисунок 9 – Слева – координационный контур на линии «Земля – спутник». Справа – «координационный контур» на линии «Спутник – Земля»

На сегодня в Кыргызской Республике действует 47 наземных станций СРС в горных и труднодоступных районах. Они обеспечивают стабильную (надёжную) работу сетей передачи данных банков, государственных служб и др. Благодаря этой системе жители Нарынской области (контрольно-пропускной пункт Торугарт), Иссыкульской области (с. Арчалы, с. Энильчек и с. Кен-Суу), Ошской области (с. Кожо-Келен), Чуйской области (с. Кызыл-Ой) и Джалалабадской области (ущелье Чычкан), а также сотрудники рудника «Кумтор» имеют мобильную связь и Интернет от операторов связи ЗАО «Альфа Телеком», ООО «Скай Мобайл» и ОсОО «НУР Телеком».

Заключение. В данной статье проведен общий обзор технологий, применяемых при развитии СПД в горных и труднодоступных районах Кыргызской Республики. Показано, что наиболее приемлемо в труднодоступных горных местах для небольшого контингента пользователей использование именно СРС.

Компания «Исател» на протяжении десяти лет осуществляет развитие СПД в горных и труднодоступных районах республики. Благодаря этому, жители всех областей Кыргызской Республики пользуются телефонной (голосовой) связью и услугами передачи данных. Также, используя эти технологии, могут осуществлять свою оперативную деятельность в горных и труднодоступных районах банки и ряд государственных служб.

Использование математических моделей анализа, программных средств и рекомендаций МСЭ по энергетическому расчету спутникового канала позволяет рассчитывать основные характеристики в подсистемах управления трафиком, а также рассчитывать некоторые средние показатели затухания энергии сигнала в свободном пространстве, которые приведены в таблицах 1 и 2.

Список литературы

1. Айзенберг Г. З. Антенны УКВ / Г.З. Айзенберг, В. Г. Ямпольский, О. Н. Терешин. – Москва : Связь, 1977. – Т. 1. – С. 44–56.
2. Айзенберг Г. З. Антенны УКВ / Г. З. Айзенберг, В. Г. Ямпольский, О. Н. Терешин. – Москва : Связь, 1977. – Т. 2. – С. 31–42.
3. Айзенберг Г. З. Антенны УКВ / Г.З. Айзенберг, В. Г. Ямпольский, О. Н. Терешин. – Москва : Связь, 1977. – Т. 2. – С. 60–72.
4. Бонч-Бруевич А. М. Системы спутниковой связи : учеб. пос. / А. М. Бонч-Бруевич. – Москва : Радио и связь, 1992. – С. 20–33.
5. Брумштейн Ю. М. Информационная безопасность горного туризма и альпинизма / Ю. М. Брумштейн // Информационная безопасность регионов. – 2013. – № 2. – С. 27–34.
6. Данилович О. С. Радиорелейные и спутниковые системы / О. С. Данилович, А. С. Немировский. – Москва : Радио и связь, 1986. – 392 с.
7. Дабкин А. Л., Кислов А. Г. Антенно-фидерные устройства : учеб. для вузов / А. Л. Дабкин, А. Г. Кислов. – Москва : Советское радио, 1974. – 256 с.
8. Ефимов И. Е. Волноводные линии передачи / И. Е. Ефимов, Г. А. Шермина. – Москва : Связь, 1979. – 146 с.
9. Зимин И. В. Оценка развития волоконно-оптической телекоммуникационной структуры Кыргызской Республики / И. В. Зимин, С. А. Алымкулов, К. М. Жумалиев // Инновационная наука. – Уфа, 2016. – № 3. – С. 9–13.
10. Зимин И. В. Развитие сетей передачи данных в горных и труднодоступных районах Кыргызской Республики / И. В. Зимин, К. Б. Нурматов // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек, 2017. – № 2 (42). – С. 20–26.
11. Зимин И. В. Проблемы и особенности информационной безопасности в Кыргызской Республике / И. В. Зимин, Е. Г. Голомазов // Научное издание Московского университета. – Гармиш-Партенкирхен, 2015. – С. 341–345.
12. Каинов В. Е. Спутниковые сети связи : учеб. пос. / В. Е. Камнев, В. В. Черкасов, Г. В. Чечин. – Москва : Альпина, 2004. – 536 с.: ил.
13. Катунин Г. П. Телекоммуникационные системы и сети / Г. П. Катунин, Г. В. Мамчев, В. Н. Попантопуло, В. П. Шувалов. – Новосибирск : Горячая линия. Телеком, 2004. – 624 с.
14. Катков Е. К. Повышение точности позиционирования на местности низкодинамичных подвижных объектов с использованием информационной системы мониторинга ионосфер / Е. К. Катков // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 2. – С. 145–155 ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2\(38\)/145-155.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2(38)/145-155.pdf)).
15. Минаев И. В. Лазерные информационные системы космических аппаратов / И. В. Минаев и др. – Москва : Машиностроение, 1981. – 115 с.
16. Песков С. Н. Рекомендации по внедрению DVB-T эфирного вещания. Режимы работы передатчика / С. Н. Песков, И. А. Колпаков // Телеспутник. – 2007. – № 2. – С. 102–108.
17. Пищин О. Н. Анализ моделей распространения радиоволн над водной поверхностью и их использование при расчётах уровней электромагнитного поля в системах подвижной радиосвязи / О. Н. Пищин, Н. В. Бестаева, А. Д. Зубова, А. А. Орлова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 3 – С. 121–130 ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/3\(39\)/121-130.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/3(39)/121-130.pdf)).
18. Analysis of bandwidth efficiency of DVB-S2 in a typical data distribution network. Dirk Breynaert. – 2005. – March.
19. Clausen H. Internet over Direct Broadcast Satellites / H. Clausen, H. Linder, B. Collini-Nocker // IEEE Communications Magazine. – 1999. – June. – P. 146–151.

20. DVB Fact Sheet – Return Channel Satellite. – 2012. – August.
21. ETSI EN 301 790. Digital Video Broadcasting (DVB). Interaction Channel for Satellite Distribution Systems. – ETSI European Standard, 2003. – March. – Vol. 1.3.1.
22. ETSI EN 302 307. Digital Video Broadcasting (DVB). Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services. News Gathering and other broadband satellite applications. – ETSI European Standard, 2005. – March. – Vol. 1.1.
23. ETSI EN 301 192. Digital Video Broadcasting (DVB). DVB Specification for data broadcasting. – ETSI European Standard, 2004. – Nov. – Vol. 1.4.1.
24. ETSI EN 300 421. Digital Video Broadcasting (DVB). Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services.
25. ETSI TR 102 376 Digital Video Broadcasting (DVB). User guidelines for the second generation system for Broadcasting, Interactive Services. News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2). – 2005. – Feb. – Vol. 1.1.1.

References

1. Aizenberg G. Z., Yampolsky V. G., Tereshin O. N. *Antenny UKV* [USW Antennas]. Moscow, Svyaz Publ., 1977, vol. 1, pp. 44–56.
2. Aizenberg G. Z., Yampolsky V. G., Tereshin O. N. *Antenny UKV* [USW Antennas]. Moscow, Svyaz Publ., 1977, vol. 2, pp. 31–42.
3. Aizenberg G. Z., Yampolsky V. G., Tereshin O. N. *Antenny UKV* [USW Antennas]. Moscow, Svyaz Publ., 1977, pp. 60–72.
4. Bonch-Bruevich A. M. *Sistemy sputnikovoi svyazi* [Satellite communication systems]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1992, pp. 20–33.
5. Brumshteyn Yu. M. Informatsionnaya bezopasnost' gornogo turizma i alpinizma [Information security of mountain tourism and mountaineering]. *Informatsionnaya bezopasnost' regionov* [Information security of regions]. Saratov, 2013, no. 2, pp. 27–34.
6. Danilovich O. S., Nemirovsky A. S. *Radioreleinye i sputnikovyye sistemy* [Radio-relay and satellite systems]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1986. 392 p.
7. Drabkin A. L., Kislov A. G. *Antenno-fidernyye ustroystva* [Antenna-feeder devices] Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1974. 256 p.
8. Yefimov I. Ye., Shermina G. A. *Volnovodnyye linii peredach* [Waveguide transmission lines]. Moscow, Svyaz Publ., 1979. 146 p.
9. Zimin I. V., Alymkulov S. A., Zhumaliev K. M. Otsenka razvitiy volokonno-opticheskoy telekommunikatsionnoy struktury Kyrgyzskoy Respubliki [Evaluation of the development of the fiber-optic telecommunication structure of the Kyrgyz Republic]. *Innovatsionnaya nauka* [Innovative Science]. Ufa, 2016, no. 3, pp. 9–13.
10. Zimin I. V., Nurmatov K. B. Razvitiye sitey peredachi dannykh v gornyykh i trudnodostupnykh raionakh Kyrgyzskoy Respubliki [Development of data transmission networks in mountainous and inaccessible areas of the Kyrgyz Republic]. *Izvestiya Kyrgyzskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni I. Razzakova* [Proceedings of Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov]. Bishkek, 2017, no. 2 (42), pp. 20–26.
11. Zimin I. V., Golomazov E. G. Problemy i osobennosti informatsionnoy bezopasnosti v Kyrgyzskoy Respubliki [Problems and features of information security in the Kyrgyz Republic]. *Naushnoe izdanie Moskovskogo Universiteta* [Scientific Edition of the Moscow University]. Garmisch-Partenkirchen, 2015, pp. 341–345.
12. Kaine V. Ye., Cherkasov V. V., Chechin G. V. *Sputnikovyye sistemy svyazi* [Satellite communication networks]. Moscow, Alpina, 2004. 536 p.
13. Katunin G. P., Mamchev G. V., Popantonopulo V. N., Shuvalov V. P. *Telekommunikatsionnyye sistemy i seti* [Telecommunication systems and networks]. Novosibirsk, Goryachaya liniya. Telekom, 2004. 624 p.
14. Katkov Ye. K. Povyshenie tochnosti pozitsionirovaniya na mestnosti nizkodinamicheskikh podvizhnykh obektov s ispolzovaniem informatsionnoy sistemy monitoringa ionosver [Improving the accuracy of positioning in the terrain of low dynamic mobile objects using the ionospheric monitoring information system]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokiye tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2017, no. 2, pp. 145–155 ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2\(38\)/145-155.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2(38)/145-155.pdf)).
15. Minaev I. V. et al. *Lazernyye informatsionnyye sistemy kosmicheskikh apparatov* [Laser information systems of space vehicles]. Moscow, Mashinostroeniye, 1981. 115 p.
16. Peskov S. N., Kolpakov I. A. Rekomendatsii po vnedreniyu DVB-T efirnogo veshaniya. Reshimy raboty peredatchika [Recommendations for the introduction of DVB-T broadcasting. Transmitter operation modes]. *Telesputnik* [Telesatellite], 2007, no. 2, pp. 102–108.
17. Pishchin O. N., Besteva N. V., Zubova A. D., Orlova A. A. Analiz modeley rasprostraneniya radiovoln nad vodnoy poverkhnostyu i ikh ispolzovaniye pri raschetakh urovney elektromagnitnogo polya v sistemakh podvishnoy radiosvyazi [Analysis of propagation patterns over the water surface and their use in the calculation of electromagnetic field levels in mobile radio systems]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokiye tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2017, no. 3, pp. 121–130. ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/3\(39\)/121-130.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/3(39)/121-130.pdf)).
18. *Analysis of bandwidth efficiency of DVB-S2 in a typical data distribution network*. Dirk Breynaert, 2005, March.

19. Clausen H., Linder H., Collini-Nocker B. Internet over Direct Broadcast Satellites. *IEEE Communications Magazine*, 1999, June, pp. 146–151.
20. *DVB Fact Sheet – Return Channel Satellite*, 2012, August.
21. ETSI EN 301 790. *Digital Video Broadcasting (DVB). Interaction Channel for Satellite Distribution Systems*. ETSI European Standard, 2003, March, vol. 1.3.1.
22. ETSI EN 302 307. *Digital Video Broadcasting (DVB). Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services. News Gathering and other broadband satellite applications*. ETSI European Standard, 2005, March, vol. 1.1.
23. ETSI EN 301 192. *Digital Video Broadcasting (DVB). DVB Specification for data broadcasting*. ETSI European Standard, 2004, Nov., vol. 1.4.1.
24. ETSI EN 300 421. *Digital Video Broadcasting (DVB). Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services*.
25. ETSI TR 102 376 *Digital Video Broadcasting (DVB). User guidelines for the second generation system for Broadcasting, Interactive Services. News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2)*, 2005, Feb., vol. 1.1.1.

УДК:[004.02+004.5+004.8]:[636+637]

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ, НАПРАВЛЕНИЙ ИХ ИНФОРМАТИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ И АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Статья поступила в редакцию 21.01.2018, в окончательном варианте – 22.06.2018

Боскебеев Калычбек Джетмишбаевич, Научно-исследовательский институт физико-технических проблем при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66,

кандидат технических наук, доцент, главный научный сотрудник, e-mail: kboskebeev@mail.ru

Иманалиева Жамила Назыржановна, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66,

старший преподаватель, e-mail: jimanalieva@gmail.com

Мамадалиева Жылдыз Болотбековна, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66,

соискатель, e-mail: jyldyz77@bk.ru

Скакунова Марина Вячеславовна, Астраханский государственный университет, 414040, Российская Федерация, г. Астрахань, Татищева, 20а,

студент, e-mail: skakunova180198@mail.ru

Выполнен сравнительный анализ направлений, условий и фактических показателей деятельности для отрасли «животноводство» в Кыргызстане и Астраханской области в условиях всестороннего развития информационно-телекоммуникационных технологий. Рассмотрены особенности деятельности животноводческих фермерских хозяйств (ЖФХ), связанные с их расположением по отношению к населенным пунктам, транспортным магистралям, источникам энергоснабжения, пастбищным угодьям и пр. Охарактеризованы роль и направления информационного обеспечения деятельности животноводческих фермерских хозяйств. Показана целесообразность использования схемы управления животноводческих фермерских хозяйств, включающей три иерархических уровня. На верхнем иерархическом уровне решаются экономические задачи, включая финансирование деятельности; оптимизируются направления и объемы производства продукции. На среднем иерархическом уровне – принятие и реализация краткосрочных и оперативных решений (включая текущее планирование выпуска животноводческой продукции по видам; выбор сроков, мест и условий ее реализации). На нижнем иерархическом уровне – использование средств автоматизации технологических процессов животноводческих фермерских хозяйств. Проанализированы вопросы экономической целесообразности внедрения средств информатизации и автоматизации деятельности животноводческих фермерских хозяйств. Указаны объективно существующие и субъективные ограничения для этих процессов в условиях нормативных и экономических реалий деятельности животноводческих фермерских хозяйств Кыргызстана и Астраханской области.

Ключевые слова: Кыргызстан, Россия, животноводство, крестьянско-фермерские хозяйства, системный анализ, условия деятельности, схема управления, рентабельность деятельности, обеспечение информацией, информационные технологии, поддержка принятия решений, информатизация, автоматизация