МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационных систем

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____
К.Т.Н. Шагиахметов Д.Р.
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «_____»_____**20__ г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирование мобильного комплекса информационного обслуживания на базе транспортных средств спутниковой связи

Специальность 580719 Радиотехника, Электроника и Телекоммуникации

Выполнил (а) Колтков Д.М. МТС 10-5
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Федулина И.Н. к.ф.-м.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Бокашова Г.Ш. - доцент каф. ЭО и УП
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «04» 06 20 14 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Дюсебаев М.К. д.т.н. профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «09» июня 20 14 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
Артюхин А.В. ст. пр.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «06» июня 20 14 г.
(подпись)

_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

Нормоконтролер: ст. преп. ТКС Кондратович А.Н.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «10» 06 20 14 г.
(подпись)

Рецензент: _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Радиотехники и связи
Специальность 5В071900- Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Телекоммуникационные системы

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Калинов Денис Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта проектирование мобильного комплекса информационного обслуживания на базе транспортных средств спутниковой связи

утверждена приказом ректора № ___ от «___» сентября 20___ г.

Срок сдачи законченной работы «___» _____ 20___ г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Реализация проекта мобильного комплекса информационного обслуживания на базе транспортных средств спутниковой связи

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Расчет спутниковых линий связи от базовой станции до предполагаемых точек местонахождения передвижной наземной станции, расчет энергетических характеристик и радиуса действия БС, подбор соответствующего оборудования в условиях выбранной транспортной платформы - автомобиля ГАЗ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Рисунок 1.1 - Топологические схемы а) Star, б) Mesh; Рисунок 1.2 - План расположения предполагаемых мест выхода на связь мобильного комплекса; Рисунок 1.3 - Мобильный комплекс, вид сбоку; Рисунок 1.4 - Функциональная схема НИР; Рисунок 1.5 - Соединения ЦУС (НИР); Рисунок 1.6 - Блок-диаграмма HSP; Рисунок 1.7 - протоколы backbone и LAPU; Рисунок 1.8 - взаимодействие VPP с компонентами НИР; Рисунок 1.9 - компоненты звена Outbound; Рисунок 2.1 - План расположения оборудования в фургоне; Рисунок 2.2 - схема расположения светильников; Рисунок А1 - расчеты в программе Pascal; Рисунок А2 - расчеты в программе Pascal.

Рекомендуемая основная литература

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Вых. техника	Артюхин А.В.	12.05-6.06.14	
БЖД	Рысбаев М.К.	17.03-09.06.14	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Анализ задания	26.02.14	
2	Сравнительный анализ сп. систем	05.03.14	
3	Обзор технологии VSAT	05.03.14	
4	Осн. топ. схемы VSAT-сети и способы мн. дост.	24.03.14.	
5	Выбор оборудования и проект-е сети	25.03.14	
6.	Особенности энергетики сп. линии. Цели и задачи расчета	26.03.14.	
7.	Исходные данные для расчета	28.03.14	
8.	Расчет энергетики спутниковой линии	03.04.14.	
9.	Расч. сп. линии Алматы - Мангистауский район	03.04.14	
10.	Расч. сп. линии Алматы - Джангельдинский район	10.04.14	
11.	Расч. сп. линии Алматы - Ульгаусский район	10.04.14	
12.	Расч. сп. линии Алматы - Аягозский район	10.04.14	
13.	Расчет мощности для передатчиков ЗС	19.04.14	
14.	Анализ условий труда	04.05.14.	
15.	Анализ освещения	04.05.14	
16.	Затраты на приобретение оборудования	02.06.14	
17.	Расчет эксплуатационных затрат	03.06.14	
18.	Расчет экономической эффективности	06.06.14	

Дата выдачи задания «____»_____20___ г.

Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Колтков Д.М.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жобада мобильдік ақпараттық күтудің кешенінің жобалау базасында спутникті байланыстың транспорт ақы-пұлдарының қарастырылады.

Кешеннің жаралғаны үшін алыстат байланыстың заманауи технологиялары қолданылады, лайықты жабдықтың ара шарттар таңдап ал транспорт тұғырнама - ГАЗ автомобильдері өндіріледі. Байланыстың спутникті сызығының есебі негіздік бекеттен дейін жылжымалы назем бекеттің мекенінің мөлшерлі нүктелерінің жүзеге асады, энергетикалық мінездеме және БС әрекетінің радиусы есептеу. Байланыстың ұйымының ортақ нобайы әзірленеді.

Дипломда тағы өмір тіршілік әрекетімнің қауіпсіздігінің шаралары жарықтандыр.

Ұйымдық-экономикалық тарауда мөлшерлі жұмсалымның көлемі және оның өтімділігінің мерзімдері анықталады.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте рассматривается проектирование мобильного комплекса информационного обслуживания на базе транспортных средств спутниковой связи.

Для создания комплекса применяются современные технологии удаленной связи, производится подбор соответствующего оборудования в условиях выбранной транспортной платформы – автомобиля ГАЗ. Осуществляется расчет спутниковых линий связи от базовой станции до предполагаемых точек местонахождения передвижной наземной станции, рассчитываются энергетические характеристики и радиус действия БС. Разрабатывается общая схема организации связи.

В дипломе так же освещены меры безопасности жизнедеятельности.

В организационно-экономическом разделе определяется объем предполагаемых вложений и сроки их окупаемости.

ABSTRACT

This diploma project describes projecting of mobile complex for information services based on satellite communication vehicles.

To create a set of modern technologies of remote communication, made the selection of appropriate equipment in the conditions selected transport platform - GAZ. Calculate a satellite communication lines from the base station to the location points of alleged mobile ground station, calculated energy characteristics and the range of the BS. Develop a general scheme of the connection.

In the diploma also covered measures safety.

In organizational and economic section defines the anticipated investments and their payback periods

Содержание

Введение 7
1 Основной раздел 8
1.1 Анализ задания 8
1.2 Сравнительный анализ спутниковых систем 10
1.3 Обзор технологии VSAT 15
1.4 Основные топологические схемы VSAT-сети и способы многостанционного доступа 19
1.5 Выбор оборудования и проектирование сети 23
1.6 Особенности энергетики спутниковой линии. Цели и задачи расчета 36
1.7 Исходные данные для расчета 37
1.8 Расчет энергетики спутниковой линии 38
1.8.1 Расчет спутниковой линии Алматы – точка в Мангистауском районе 38
1.8.2 Расчет спутниковой линии Алматы – точка местоположения в Джангельдинском районе 42
1.8.3 Расчет спутниковой линии Алматы – Улытауский район 45
1.8.4 Расчет спутниковой линии Алматы – Аягозский район 47
1.9 Расчет мощности для передатчиков ЗС 50
2 Безопасность жизнедеятельности 52
2.1 Анализ условий труда 52
2.2 Анализ освещения 54
3 Определение экономической эффективности мобильного комплекса 60
3.1 Затраты на приобретение оборудования 60
3.2 Расчет эксплуатационных затрат 61
3.3 Расчет экономической эффективности 62
Заключение 65
Приложение А 66
Список литературы 68

Введение

Тема данной дипломной работы - Проектирование мобильного комплекса информационного обслуживания на базе транспортных средств спутниковой связи.

Мобильная (передвижная) станция спутниковой связи – это передвижной наземный антенный терминал, обеспечивающий связь с другими терминалами (станциями) через спутник. Наземные спутниковые станции делятся на абонентские и операторские (центральные).

Мобильные станции спутниковой связи можно подразделить на перемещаемые по суше (на автомобиле) и по воде (на судне). В случае использования VSAT-технологии имеет смысл говорить о VSAT для автотранспорта и о VSAT для морских судов.

Благодаря универсальности этой технологии, решение не потребует огромных затрат. Благодаря подобной гибкой архитектуре и оптимизированному использованию канальной емкости обеспечивается беспрецедентно высокая экономическая эффективность и производительность сетей любого масштаба и топологии. Минимальная конфигурация сети может включать даже один терминал и одну узловую станцию, при этом, не будет уступать существующим аналогам работающим в режиме «точка-точка». Модульное наращивание ресурса узловой станции позволит увеличивать размер сети до нескольких сотен терминалов и следовать развитию структуры той отрасли, в которой используется. В сети может передаваться абсолютно любой вид трафика: данные, голос, видео, аудио. Есть возможность одновременной доставки информации на неограниченное количество терминалов сети. Совершенный модуль оптимизации трафика в сочетании с широкими возможностями системы управления и контроля NMS обеспечивает заказчику абсолютную власть над сетевыми ресурсами. Все вышеперечисленное и объясняет привлекательность VSAT SkyEdge для широкого потребителя, включая малый и средний бизнес.

Актуальность данной тематики обеспечена развитием систем спутниковой связи, и их положением в мире. На современном этапе развития, передача информации это одна из важнейших элементов современных технологий. Системы спутниковой связи (ССС) VSAT – типа – это не только одни из самых передовых, развиваемых технологий передачи информации. На сегодняшний день эти системы заняли обширную нишу среди систем передачи информации

1. Основной раздел

1.1 Анализ задания

Согласно проектному заданию, нам необходимо спроектировать передвижной комплекс спутниковой связи и подобрать для него соответствующее оборудование. Главными достоинствами такого комплекса является мобильность и возможность предоставления связи высокого качества из практически любого местоположения.

Территория обслуживания – Казахстан (разберем ситуации с нахождением комплекса в Мангистауском, Джангельдинском, Улытауском и Аягозском районах с центральной станцией в Алматы).

В данном проекте мы будем рассматривать работу комплекса на примере его использования геологами, следовательно, необходимое качество предоставляемых услуг должно соблюдаться в любой, в том числе и малонаселенной, части Казахстана.

Отношение к космической связи у многих людей формируется под воздействием двух интуитивных представлений. Во-первых, это современная высокотехнологичная отрасль техники, нацеленная на решение глобальных задач. Во-вторых, это (в силу названной причины) дорогостоящее и недоступное большинству пользователей, за исключением правительственных структур, специальных применений и отдельных богатых клиентов, удовольствие. Но, вопреки расхожему мнению, именно с помощью спутниковой связи многие страны мира (и не только самые богатые, а даже относительно бедные) сегодня успешно решают свои насущные проблемы наиболее быстрым и экономичным путем.

Безусловным лидером в области фиксированной спутниковой связи являются сети VSAT. При этом рынок спутниковых терминалов постепенно разделяется на ряд самостоятельных направлений.

Одной из традиционных областей была и остается телефонная связь. Возможность быстрого и эффективного решения не только технической, но и важнейшей социальной задачи – это хороший шанс для Казахстана. До недавнего времени данное направление сдерживалось ввиду отсутствия недорогих спутниковых терминалов, но в последнее время эта проблема нашла свое решение. Новое поколение станций обладает приемлемой стоимостью, не требует постоянного обслуживающего персонала и совместимо с любым коммутационным оборудованием.

Все большее распространение получают мультимедийные спутниковые терминалы, которые позволяют передавать в едином формате голос, факсимильные сообщения, данные и видеоинформацию. В основе их лежит технология обмена стандартными IP-пакетами. Такие станции идеально подходят для построения всевозможных корпоративных сетей.

Наконец, бурное развитие новых широкополосных услуг – Интернета и «видео по требованию» (VoD) потребовало создания нового класса станций.

Их основные особенности – высокая скорость обмена, асимметричные каналы на прием и передачу и динамическое управление полосой пропускания. Пожалуй, именно это направление способно придать новый мощный импульс развитию VSAT-сетей.

В настоящее время на отечественном рынке представлена продукция практически всех известных мировых производителей оборудования VSAT-сетей, что может служить свидетельством больших потенциальных возможностей рынка. Таким образом, сегодня потребитель получил реальную возможность выбора оборудования во всем диапазоне «цена/качество».

В области телевизионного вещания продолжается постепенный переход к цифровой передаче телепрограмм. С появлением в широкой продаже недорогих DVB-приемников (в том числе в виде плат для персональных компьютеров) и пакетов услуг, связанных с ними, системы спутникового телевидения для индивидуальных и коллективных пользователей завоевывают признание все новых групп клиентов. Примечательно, что в таких системах впервые происходит давно ожидаемое объединение телевидения и Интернета, когда с помощью одного и того же комплекта аппаратуры абонент получает возможность принимать телевизионные передачи (включая программы по индивидуальному заказу) и иметь доступ к Всемирной сети.

Особо следует отметить феномен спутникового радио. Долгое время услуги радиовещания находились в тени телевидения. Между тем у популярных радиостанций имеется постоянная многочисленная аудитория слушателей. К сожалению, качественный прием радиопрограмм возможен лишь в ФМ-диапазоне и только в радиусе 80-100 км от передающей станции. Спутниковая связь в сочетании с цифровыми методами передачи снимают эти ограничения, поэтому спрос на недорогие индивидуальные приемники L-диапазона во всем мире с каждым годом растет с огромной скоростью. Можно ожидать, что эта волна рано или поздно достигнет и Казахстана.

Несмотря на известные неудачи низкоорбитальных систем персональной связи первого поколения, системы подвижной спутниковой связи продолжают устойчиво развиваться. Примером может служить деятельность международной организации Инмарсат. Относительно недорогие и малогабаритные абонентские терминалы, работающие через спутники связи нового поколения, обеспечивают весь спектр базовых услуг и все чаще являются непременным атрибутом морских и речных судов, самолетов и других транспортных средств.

Перспективным направлением считается создание региональных систем персональной связи, базирующихся на геостационарных спутниках. Известны несколько таких проектов, реализованных в интересах отдельных стран.

Таким образом, спутниковая связь продолжает успешно развиваться в условиях жесткой конкуренции с другими сетями. Она постоянно демонстрирует способность адаптироваться к изменению условий и стремится к завоеванию новых рынков.

Особая привлекательность технологий VSAT для Казахстана связана именно с тем, что экономическая эффективность их применения не зависит от плотности населения данного региона, так как зона покрытия спутника потенциально охватывает до 30% поверхности Земли.

1.2 Сравнительный анализ спутниковых систем

Ниже представлен сравнительный технический анализ PES 5000 PLUS и SkyEdge (таблица 1.1)

Т а б л и ц а 1.1 - Сравнительная таблица по характеристикам решений SkyEdge и PES 5000 PLUS

Описание	PES 5000 PLUS	SkyEdge
Топология	Звезда	Звезда для передачи данных и полносвязная одноранговая сеть для передачи речи.
Скорость входящего потока	128, 512 Kbps	от 64 до 8192 Kbps, возможность настройки при помощи программных средств
Скорость исходящего потока	64, 128, 256 Kbps	9.6, 19.2, 38.4, 76.8 и 153.6 Kbps, возможность настройки при помощи программных средств, поддержка Dual Bit Rate (DBR)
Модуляция исходящего потока	BPSK, QPSK	BPSK, QPSK
Модуляция входящего потока	MSK	MSK
Исходящий FEC	½ Viterbi	Каскадный ½ и ¾ Viterbi + Reed Solomon
Количество ошибок на исходящем канале	1e-7 @ 7.0 dB	1e-12 @ 4.5 dB
Входящий FEC	½ Viterbi	½ Viterbi

Продолжение таблицы 1.1

Описание	PES 5000 PLUS	SkyEdge

Количество ошибок на входящем канале	1e-7 @ 7.0 dB	1e-7 @ 6.5 dB
Объем входящего потока	120 KHz @ 64 Kbps 240 KHz @ 128 Kbps	Динамический доступ: 60 KHz @ 38.4 Kbps; 120 KHz @ 76.8 Kbps Выделенный доступ: 72 KHz @ 38.4 Kbps; 140 KHz @ 76.8 Kbps
Схема исходящего доступа	Статистический TDMA	Статистический TDMA
Схемы входящего доступа	Однофакторный динамический доступ Slotted Aloha с утилизацией 10-15%. Stream/ Reservations for batch	Уникальная запатентованная двухфакторная схема динамического доступа с резервированием и утилизацией 27%-80%. DA/PDA/Automatic DA for batch. CRA для максимального распределения нагрузки сети. Поддержка Multiple Packet Per Time Slot (MPPTS)
WAN standard protocols	X.25 X.3,X.28,X.29 SNA/SDLC TCP/IP, no spoofing Token Ring	TCP/IP with spoofing Token Ring
Речь	только Voice over IP	Высокое качество @ 6.4 Kbps – до 6 каналов; Voice over IP – опционально

Как показывает сравнение, SkyEdge имеет явное преимущество перед PES по наиболее важным критериям, относящимся к двунаправленным платформам спутниковой связи: набору функций, надежности, поддержке и цене.

Модульный принцип организации и возможность обновления.

Решению SkyEdge свойственна модульная гибкость. В базовую комплектацию входят два последовательных порта и один Ethernet, а также три дополнительных слота под встраиваемые карты. Подобная архитектура дает возможность модульного обновления путем добавления plug-and-play карт, подобных PC-картам, для поддержки различных интерфейсов,

протоколов и приложений, включая широкий набор IP-приложений и высококачественную передачу речи. На каждом удаленном терминале plug-in карты просто вставляются в гнезда задней панели, без снятия крышки, что позволяет оптимизировать конфигурацию терминала.

В динамичной среде высоких технологий требования к приложениям быстро меняются. Разработанная корпорацией Gilat, VSAT схема “plug-and-play” дает доступные и быстро реализуемые решения - plug-in карты добавляются в количестве, требуемом для новых приложений.

Решение PES 5000 PLUS поддерживает меньшее количество интерфейсов и не имеет слотов для карт расширения.

Схема спутникового доступа.

Запатентованная Gilat схема предоставляет наиболее гибкую архитектуру доступа к спутниковым ресурсам. Эта схема объединяет технологии TDMA и FDMA, что обеспечивает стабильное использование всей полосы для каждого терминала и, как следствие, сбалансированность VSAT канала.

Входящий канал SkyEdge использует схему спутникового доступа, основанную на технологии FTDMA, которая является наиболее эффективной для приложений, ориентированных на транзакции. Разработанная Gilat схема доступа позволяет утилизировать 27% космического сегмента для трафика транзакций, в то время как схемы, разработанные другими производителями, позволяют использовать только 10-15% космического сегмента.

Динамический и выделенный доступ.

В случае, когда необходим более высокий уровень производительности (непрерывный поток данных или речи) между удаленным терминалом и HUB’ом VSAT может использовать режим выделенного доступа. В этом режиме терминалу назначается выделенная частота для передачи, избегая, таким образом, конфликтов между терминалами в динамическом режиме. Переключение между динамическим и выделенным режимом контролируется вручную при помощи NMS, либо осуществляется автоматически. Выделенный доступ и/или частичный выделенный доступ может быть предоставлен на определенный короткий промежуток времени. Переключение в выделенный режим происходит в тот момент, когда исходящий трафик терминала удовлетворяет какому-либо установленному условию.

Основным преимуществом выделенного доступа является то, что все фреймы посылаются в свободном от коллизий режиме. Это позволяет наиболее эффективно использовать полосу пропускания входящего трафика.

Данная высокоэффективная схема доступа позволяет повышать утилизацию спутникового сегмента от 27% (наиболее высокий уровень утилизации для динамического доступа) до 80% и выше в сетях с непульсирующим типом трафика и/или большими пакетами данных. Например, для приложений, использующих передачу файлов, при сохранении всех преимуществ двухмерной схемы динамического доступа (т.е. полного

использования ресурса, нечувствительности к интерференции и автоматического распределения нагрузки).

DBR.

SkyEdge поддерживает DBR (dual bit rate – двойная скорость передачи), что увеличивает гибкость сетевых приложений, наряду с улучшением использования спутникового сегмента. Каждый терминал может поддерживать две установленные скорости передачи данных, в совокупности с режимами множественного доступа.

Каждый ресивер на HUB'е SkyEdge может управлять двумя скоростями, в то время как множественный ресивер может управлять множеством скоростей. Это является идеальным для частного HUB'а управляющего различными типами трафика или для ситуации с совместным использованием HUB'а, где различные клиенты имеют разный трафик и требования к скорости передачи данных.

Распределение процессов.

С тех пор как в SkyEdge стала использоваться скачкообразная перенастройка частоты и разделение одной входящей полосы пропускания, распределение нагрузки между VSAT терминалами происходит автоматически.

В схеме PES TDMA операторы должны постоянно следить за загрузкой входящих потоков и перемещать терминалы с одного входящего потока на другой для равномерного распределения нагрузки.

Нечувствительность к интерференции.

Во время использования механизма скачкообразной перенастройки частоты SkyEdge нечувствителен к интерференции, возникающей между одним или более частотными слотами. В случае если несколько удаленных терминалов пытаются работать на одной частоте, HUB автоматически выбирает свободные частоты и назначает их для работы удаленным терминалам и ликвидирует коллизии. Это позволяет использовать недорогую аппаратуру ODU, экономить спутниковые ресурсы и справляться с мгновенными пиками трафика в сети без значительной задержки во времени ответа. Сеть нечувствительна к нарушениям радиосвязи, вызванным интерференцией частот.

В системе PES TDMA подобная интерференция блокирует все терминалы находящиеся на данном дискретном частотном слоте, так что вся группа терминалов будет блокирована до тех пор, пока интерференция не исчезнет.

Режим день/ночь.

Система SkyEdge может быть запрограммирована таким образом, чтобы распределять полосу пропускания в соответствии с изменением дневной/ночной загрузки трафика. Большой объем дневного интерактивного трафика и ночной объем передач распределяется путем автоматического разделения спутникового сегмента между динамическими и выделенными каналами.

Система PES не способна адаптироваться к изменениям типа трафика день/ночь.

Эксплуатационная характеристика связи.

Энергетика полосы пропускания спутникового транспондера Gilat ниже, чем у HNS, что способствует более низким требованиям к энергопотреблению, размеру антенны, и минимизирует общие начальные издержки и затраты на содержание системы SkyEdge.

Низкоскоростное соединение.

SkyEdge лучше чем PES поддерживает низкоскоростные приложения. Как следствие, может быть достигнута существенная экономия на основе использования низкоэнергетических передатчиков и антенн небольшого размера.

Протоколы и приложения.

SkyEdge с исходящими потоками до 8 Mbps легко поддерживает передачу любых, и в том числе высококачественных видеоданных через IP. Optibase, один из ведуших вендоров video-over-IP, оптимизировал свою технологию доставки видеоданных под работу через SkyEdge.

PES, с исходящими потоками только до 512 Kbps, не в состоянии передавать через IP даже низкокачественные видеоданные.

Надежный IP Multicast.

Надежное ПО доступно в unicast, multicast and broadcast. Программное приложение “Surecast” встроенное в систему SkyEdge, позволяет легко группировать терминалы и осуществлять полное управление всеми процессами с HUB-станции с чрезвычайно высокой надежностью и контролем.[1]

1.3 Обзор технологии VSAT

Полнофункциональные VSAT-станции. Сети на базе полнофункциональных VSAT-станций ориентированы на предоставление всех возможных услуг связи, причем основной их задачей изначально считалось обеспечение удаленных регионов телефонной связью.

В таких сетях используется несколько способов организации многостанционного доступа к спутниковым каналам по запросу - разновидности технологии DAMA (Demand Assigned Multiple Access). Выбор той или иной технологии доступа определяется топологией построения сети - Mesh (полнодоступные, или многосвязные сети) или Star (радиальные сети). Для подключения разнородного оконечного телекоммуникационного оборудования в полнофункциональных VSAT-станциях реализуется большое количество интерфейсов, поддерживается широкий спектр протоколов и методов сигнализации.

Таким образом, полнофункциональные станции VSAT оправдывают свое название, представляя собой универсальное средство для организации доступа любых стационарных абонентов к любым сетям связи и информационным ресурсам. Столь широкая функциональность обусловливает достаточно высокую цену пользовательских VSAT-терминалов этого класса. Вместе с тем центральная станция в таких сетях обходится владельцу в несколько раз дешевле, чем в новых интерактивных сетях.

Организация абонентского доступа с использованием полнофункциональных VSAT-станций наиболее приемлема для корпоративных клиентов, которые либо создают собственные выделенные сети, либо используют уже развернутую сеть, созданную в интересах другого заказчика.

В таблице 1.2 представлены основные типы полнофункциональных VSAT-станций для организации абонентского доступа путем создания сетей с относительно небольшим числом станций.

Т а б л и ц а 1.2 - Оборудование и технологии спутниковых сетей с использованием полнофункциональных VSAT-станций

Компания	Оборудование	Топология сети	Метод доступа	Канальная скорость, кбит/с	Число линий	Примечания
Gilat	FaraWay	Mesh	F-TDMA /DAMA	140-5000	До 16	Число каналов может наращиваться дискретно

Продолжение таблицы 1.2

Компания	Оборудование	Топология сети	Метод доступа	Канальная скорость, кбит/с	Число линий	Примечания
HNS	TES	Mesh	SCPC /DAMA	До 2000	До 4	Имеется несколько вариантов
ViaSat	LinkWay	Star/Mesh	TDM /DAMA	312-5000	Н/Д	-
ViaSat	StarWire	Star/Mesh	PCMA* /DAMA	До 2000	До 6	Имеется несколько модификаций
STM	Solante	Mesh	F-TDMA /DAMA	До 2000	4-16	Имеется несколько модификаций
	DAMA-10000	Mesh	SCPC /DAMA	До 384	4	-
Palarsat	VSATPIusll	Mesh	F-TDMA /DAMA	512-10 000	До 10	-
	FlexiDAMA	Mesh	SCPC /DAMA	9,6-2000		Имеется упрощенный IP-вариант SkyIP
ND Satcom	SkyWan	Star/Mesh	F-TDMA /DAMA	64-5000	До 5	Имеются упрощенные IP-варианты

Интерактивные VSAT-станции. Сегодня в области VSAT-технологии активно развивается отдельный класс технических решений, ориентированных в первую очередь на предоставление услуг передачи данных и доступа в Интернет, - интерактивные VSAT-сети (часто их называют сетями типа DVB-RCS). Меньшая по сравнению с полнофункциональными сетями стоимость абонентских интерактивных VSAT-терминалов достигается благодаря перемещению значительной части функций в центр сети.

Общей отличительной особенностью интерактивных VSAT-сетей является топология "звезда": в центре сети располагается центральная

высокопроизводительная станция, обеспечивающая работу множества (до нескольких тысяч) интерактивных VSAT-станций, устанавливаемых непосредственно у абонентов. Центральная станция сопрягается с любыми наземными магистральными линиями связи и имеет возможность коммутации информационных потоков, благодаря чему поддерживается информационное взаимодействие пользователей сети между собой и с абонентами других сетей.

Однако в некоторых случаях жесткая централизация сетевых ресурсов становится недостатком интерактивной технологии VSAT. Например, при необходимости создания выделенной сети (внутри общей интерактивной) с центром, географически удаленным от центральной станции общей сети, иногда целесообразнее использовать полнофункциональные VSAT-станции, несмотря на их более высокую стоимость. Правда, уже появляются технологии (например, SkyEge от Gilat), способные устранить этот недостаток, но при этом стоимость интерактивного терминала увеличивается.

В недалекой перспективе развитие интерактивных VSAT-технологий может получить новый импульс за счет создания спутников связи с обработкой и коммутацией информационных потоков на борту. В этом случае преимущества централизации сети будут сочетаться с возможностью произвольного создания выделенных небольших подсетей без строительства дорогостоящей центральной станции. В связи с этим рассматриваются и уже внедряются открытые стандарты на оборудование интерактивных VSAT-сетей, например EN 301 790 (DVB-RCS) и др. Выбор стандарта, по-видимому, будет определяться практической реализацией спутника связи.

Технологии. Для организации многостанционного доступа в прямом канале (от ЦС к VSAT) используется метод временного мультиплексирования (TDM). Единый IP-поток обычно формируется в соответствии со спецификациями стандарта DVB-S и транслируется через спутник связи всем абонентским станциям сети, расположенным в рабочей зоне.

В обратном канале формируются отдельные относительно низкоскоростные потоки TDMA. При этом для повышения пропускной способности сети используется так называемая многочастотная технология TDMA (MF-TDMA), предусматривающая скачкообразные изменения частоты при перегрузке одного из обратных каналов. При определении на центральной станции соединения IP-телефонии происходит автоматический переход в режим закрепленного доступа.

В табл. 1.3 представлены наиболее распространенные на сегодняшний день технологии интерактивных VSAT-сетей и приведен краткий перечень основных параметров VSAT-станций.

Т а б л и ц а 1.3 - Основные параметры интерактивных станций и сетей VSAT

Компания	Название технологии (станции)	Способ многостанционного доступа		Скорость передачи информации, Мбит/с	
		прямой канал	обратный канал	прямой канал	обратный канал (макс. значение)
EMS Technologies	Series 3000; Series 2000*	TDM		8-45	8
Gilat Satellite Networks	SkyBlaster	TDM		2-52,5	0,154
Gilat Satellite Networks	SkyStar360E	TDM		2-52,5	0,512
Gilat Satellite Networks	SkyStar Advanage	TDM		До 24	0,154
Gilat Satellite Networks	SkyEge*	TDM		60	2
Hughes Network Systems	DW4000	TDIV1		До 48	0,256
Hughes Network Systems	DW4020	TDM		До 48	0,256
NDSatcom	SkyARCS*			1-.45	2
Nera Telecommunications	SatLink*	TDM		До 90	До 6
NEG	Nextar-V	TDIV1		До 2	0,064
PentaMedia	OpenRCS	TDM		До 45	2
Shiron	InterSky	TDM		1,4-72	0,384
STM Wireless	SpaceWeb	TDM		До 48	0,193
ViaSat	ArcLight	TDM		2-45	0,512
ViaSat	LinkStar*	TDM		До 60	1,85

Среди указанных технологий выделяется ArcLight, принципиальное отличие которой заключается в том, что обратные каналы организуются в той же полосе частот, которую занимает прямой канал.

Разделение каналов осуществляется путем использования свойств шумоподобных сигналов с кодовой модуляцией. Пока эта технология не имеет широкого практического применения.

Еще одна технология - Web-Sat - также не укладывается в общую схему для интерактивных сетей VSAT. Например, она не использует метод скачкообразного изменения частоты и рассчитана на организацию относительно небольших сетей, стоимость которых минимальная.

Потенциальные пользователи.

Стоимость интерактивной VSAT-станции в настоящее время составляет примерно 2000-2300 дол., но существует тенденция к ее сокращению. Что, несомненно, расширит круг потенциальных пользователей.

Если в недавнем прошлом в качестве потенциальных пользователей VSAT-сетей рассматривали прежде всего крупных и средних корпоративных заказчиков, то с развитием интерактивных VSAT-технологий пользователями могут стать не только малые компании и предприятия, но и физические лица.

Реализуемые услуги.

Таким образом, имея в своем распоряжении небольшую спутниковую станцию, пользователь получает практически все современные услуги:

доступ в Интернет со скоростью до нескольких сотен килобит в секунду при запросах к до нескольких десятков мегабит в секунду в ответном канале;

IP-телефонию с предоставлением номера или нескольких номеров, а также нескольких каналов, обеспечивающих выход в ТфОП (при необходимости);

каналы для централизованных видеоконференций со скоростью обычно до 384-512 кбит/с (этого вполне достаточно для качественного изображения).

Кроме того, можно организовать и такие услуги, как распространение видео по заказу и даже телевещание.

Перспективы применения.

Преимущества абонентского доступа с использованием спутниковой связи в Казахстана трудно переоценить. Единственным препятствием для широкого внедрения спутниковых технологий является неадекватность существующей нормативной базы, которая не предусматривает никаких мероприятий по стимулированию и приоритетному развитию перспективных для нашей страны.

1.4 Основные топологические схемы VSAT-сети и способы многостанционного доступа

Топологическая схема типа Star и Mesh.

По существу имеются две топологические разновидности: Star (звезда) и Mesh (полносвязная схема соединения “каждый с каждым”). Сеть Star (рис. 1) построена таким образом, что информация от любой VSAT-станции поступает на центральную станцию (ЦС).

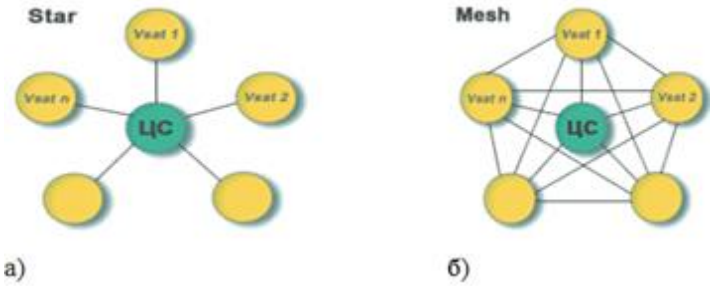

Рисунок 1.1 – Топологические схемы а)Star, б) Mesh

В результате сигнал от VSAT1 до VSAT2 проходит следующий путь: VSAT1-МСЗ-UC-МСЗ-VSAT2. Это “двойной скачок”, и время распространения достигает 0,6 с, что неприемлемо для передачи голоса, но допустимо для многих приложений, связанных с передачей данных.

Сеть Mesh (рисунок 1.1) предусматривает соединение VSAT-станций за один “скачок”, а ЦС (или выделенная станция сети) в данном случае обеспечивает организацию вызова и соединения. Соответственно, задержка сигнала уменьшается в два раза и составляет не более 0,3 с, что практически не ощущается даже при передаче голоса, не говоря уж о других приложениях, требующих режима реального времени.

Организация передачи информации в спутниковых сетях VSAT базируется на трех основных методах разделения каналов при многостанционном доступе: FDMA (частотное разделение), TDMA (временное разделение), CDMA (кодовое разделение). Для оптимизации пропускной способности и стоимости сети в каждом конкретном случае используется сочетание этих методов. Отметим, что далее будут рассматриваться методы, которые применяются только при использовании ретрансляционной аппаратуры ИСЗ с прозрачными стволами.

Сеть типа Star ориентирована, в первую очередь, на обеспечение услуг, связанных с передачей данных, для которых задержка сигнала не столь принципиальна. Наиболее распространенный способ для решения этих задач - TDM/TDMA. Исходящие потоки от каждой VSAT-станции разделены во времени и транслируются на ЦС. С целью минимизации арендуемой полосы частот используются различные протоколы Aloha. Основная задача - исключить коллизии, то есть наложение информации, передаваемой разными VSAT-станциями в данный момент времени на одной частоте. При этом, чем совершеннее протокол Aloha, тем больше задержка информации.

На ЦС сигналы коммутируются и мультиплексируются в единый цифровой поток TDM (транслируемый через спутник-ретранслятор), который доступен для приема любой абонентской станцией сети.

В случае если трафик достаточно устойчив во времени, используется технология SCPC/PAMA. Такое решение обеспечивает в реальном масштабе времени не только передачу данных, но и телефонную связь между VSAT и ЦС. Сочетание SCPC/PAMA и TDM/TDMA позволяет реализовать сеть по

схеме двухуровневой звезды, в которой закрепленные каналы PAMA являются магистральными.

При организации сети Mesh актуальна другая задача. Необходимо обеспечить связь абонентов “каждого с каждым” за один скачок. К наиболее распространенной технологии относится DAMA. Она предусматривает выделение ресурсов сети каждому абоненту только на время их активного взаимодействия. Здесь возможны два основных варианта. Первый и наиболее распространенный - SCPC/DAMA, который выделяет частотный канал по требованию абонента. Второй - TDMA/DAMA -более прогрессивен и предусматривает динамическое распределение временных слотов в кадре TDMA по запросу абонента.

Запрос выделения канала для абонентской станции может быть реализован различными методами. Например, на ЦС формируются дежурные каналы, которые обеспечивают только режим запроса и назначения информационного канала для абонента, что обычно имеет место при использовании SCPC/DAMA. Другой метод предусматривает организацию выделенного канала, работающего в режиме TDM/TDMA. Число дежурных каналов либо пропускная способность канала TDM/TDMA выбираются в зависимости от допустимой вероятности отказа в соединении в часы наибольшей нагрузки сети.

Область применения VSAT-технологий.

Несмотря на естественное желание унифицировать VSAT-оборудование, рынок диктует свои условия, среди которых основным является минимизация стоимости как самого оборудования, так и обслуживания сети.

Если сегодня обратиться к любой рекламе, то окажется, что VSAT-технологии могут обеспечить любые виды услуг связи: и телефон, и передачу данных, и видео, и Интернет, и т.д. С одной стороны, это так, а с другой - не совсем так. Конечно, иметь универсальную абонентскую станцию и сеть VSAT - неплохо, но стоимость такого решения, по крайней мере, сегодня (да и в ближайшем будущем) будет зашкаливать за любые разумные значения. Хотя потенциально (технически) здесь нет никаких фантазий, однако существует вполне определенный круг функциональных задач, свойственных определенной базовой технологии. Для исходного, функционального разделения базовых технологий в качестве критерия можно принять топологию VSAT-сети - Star или Mesh. Выбор топологии сети, в первую очередь, зависит от задач заказчика.

Очевидно, что топология Star подразумевает соединение всех удаленных станций с единым центром. Однако их соединение между собой возможно лишь через центр. Это условие, в первую очередь, накладывает ограничение на организацию телефонных каналов и других видов информации, чувствительных к задержке сигнала. Соответственно, приоритетными становятся задачи сбора и двухсторонней передачи данных между удаленными станциями и центром. При этом качественная телефонная

связь является дополнительной услугой, реализуемой только между центром и отдельной удаленной станцией (выход в сети общего пользования и, тем более, организация международных соединений приведет к труднопредсказуемому ухудшению качества речи).

К наиболее характерным задачам, которые решаются с помощью сети, выполненной по топологии Star, относятся:

обслуживание бензозаправочных станций, банкоматов;

мониторинг и управление технологическими процессами на электростанциях;

организация сервисного обслуживания автомобилей и их аренды;

обмен платежными документами между региональными отделениями и центральным отделением банка и т.п.

Сеть типа Mesh в общем случае подразумевает равноправную связь удаленных станций между собой. По сравнению с топологией Star здесь резко возрастает число направлений связи. Если в сети Star число направлений связи равно числу станций сети N, то в данном случае число связей n x (N-1)/2. Это дань за организацию одного скачка при установлении связи. Таким образом, сеть типа Mesh обладает большими функциональными возможностями. Кроме задач, решаемых в сети типа Star, имеется возможность организовать качественную телефонную связь, видеотелефон и даже сеть видеоконференций. Построение такой сети (естественно, и стоимость ее будет существенно выше) обычно актуально для организации работы большой корпорации, имеющей территориально разнесенные отделения. Например, собрать всех региональных руководителей в центральном офисе может оказаться гораздо сложнее и дороже, чем организация регулярных видеоконференций. Конечно, для телефонизации удаленных и труднодоступных регионов актуальность сетей типа Mesh сохранится.

Как уже упоминалось, для этих сетей характерны различные модификации технологии многостанционного доступа DAMA.

1.5 Выбор оборудования и проектирование сети

В данном проекте разрабатывается пилот-проект для мобильного комплекса связи, головной офис будет находиться в Алматы, а сам комплекс, оснащенный VSAT-терминалом SkyEdge Pro, будет рассматриваться с точки зрения местонахождения в Алматы, а также в Мангистауском, Джангельдинском, Улытауском и Аягозском районах. На рисунке 2.1 представлен план предполагаемых мест выхода на связь.

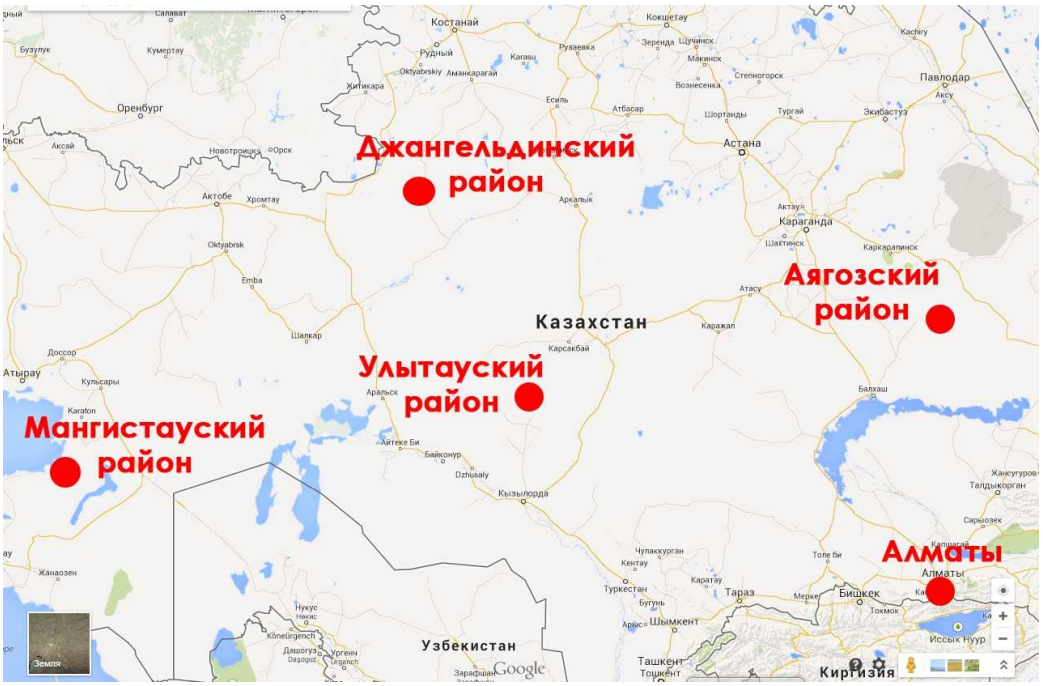

Рисунок 2.1 – План расположения предполагаемых мест выхода на связь мобильного комплекса, работающего на основе технологии VSAT SkyEdge Основой для размещения станции хорошо послужит автомобиль ГАЗ 33081, так как отличается хорошей мощностью и вместимостью фургона.

Из представленных в разделе 1 технологий мной выбрана технология множественного доступа к каналу по запросу DAMA VSAT SkyEdge израильского производителя фирмы Gilat.

VSAT SkyEdge компании Gilat представляет собой телекоммуникационную коммутируемую сеть, которая автоматически обеспечивает соединение по запросу голосовых и факсовых вызовов, а также вызовов передачи данных между абонентским оборудованием, АТС, базовыми WLL-станциями и станциями сотовой связи или оборудованием обработки данных через спутник. Она предоставляет услуги телефонии и передачи данных для удаленных и разбросанных районов, где инфраструктура телефонной связи и передачи данных отсутствует, ненадежна или слишком дорога.

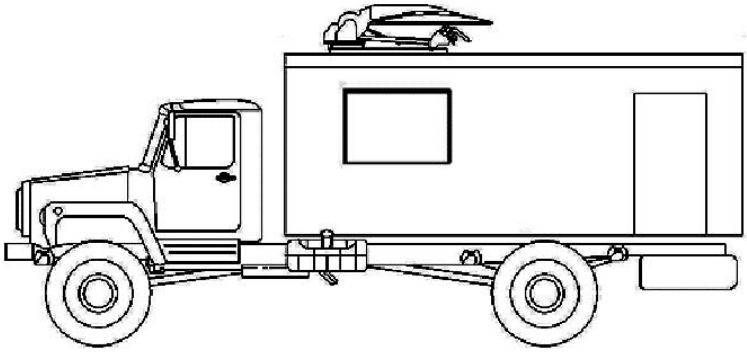

Рисунок 2.2 – Мобильный комплекс, вид сбоку.

В SkyEdge применяется архитектура полно-ячеистой DAMA-сети, оптимизирующая использование космических сегментов и наземных ресурсов. В отношении кодирования голоса, каналов передачи данных и передачи сигнала SkyEdge удовлетворяет жестким стандартам PSTN, а также требованиям частных операторов связи. Данные учета автоматически передаются на автономное оборудование обработки данных. SkyEdge локально обрабатывает статистику трафика, что помогает при администрировании сети.

Архитектура ЦУС (HUB).

На рисунке 2.3 представлена функциональная схема элементов ЦУС SkyEdge. Для радиочастотных элементов системы, представлена часть Inbound и Outbound. Все остальные компоненты двунаправленные.

Различные сервера и шлюзы обеспечивают соединение с ТСОП, IP сетями.

Для обеспечения максимальной доступности сети, основная конфигурация HUB включает полное резервирование для всех основных компонентов. Такой дизайн сводит к минимуму количество ручных операций необходимых для переключения.

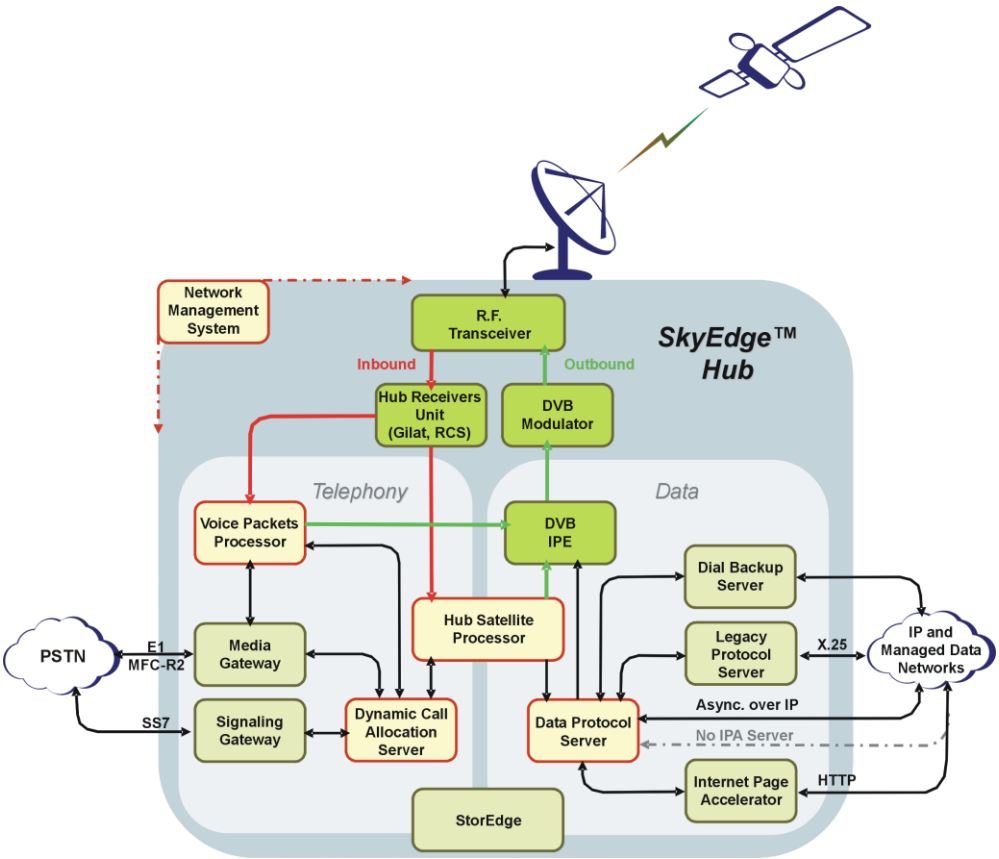

Рисунок 2.3 – Функциональная схема HUB

Кроме того, для обеспечения максимальной надежности основные функциональные возможности реализованы на основе стандартных с PCI модулей, установленных в шасси PowerEdge. Данное с PCI шасси содержит два модуля LAN, встроенные блоки питания и вентиляторы. Все устройства, установленные в шасси, не содержат дисков для хранения данных. Система использует дополнительное хранилище (network attached storage (NAS)) для хранения всех данных, которое имеет RAID массив и механизм «горячей замены» дисков, и устанавливается в 19” стойку.

Краткий обзор системы.

На рисунке 2.4 с левой стороны показаны соединения HUB с ТСОП и сетью Интернет, с удаленными терминалами – с правой стороны. Представлены как основные компоненты HUB, так и дополнительные, сервер ускорения трафика http (IPA (Internet Page Accelerator)) , сервер для резервного, наземного соединения (Dial Backup) и сервер обеспечения качества сервиса (QoS (FairShare)).

Обзор компонентов ЦУС (HUB).

Спутниковая антенна соединена со стандартной 19-ти дюймовой стойкой, которая может включать следующие компоненты:

Радиочастотный приемопередатчик (Radio Frequency Transceiver (RFT));

DVB модулятор;

IP инкапсулятор (IPE);

Шасси приемников (Hub Receivers Units (HRU)-(receiver cages));

Шасси PowerEdge со следующими с PCI модулями:

Спутниковый процессор (Hub Satellite Processor (HSP));

Voice Packets Processor (VPP);

Сервер динамического выделения ресурсов для телефонных соединений (Dynamic call allocation server (DCAS));

Data protocol server (DPS);

Network management system (NMS)-сервер;

2x LAN коммутатора;

Карта управления шасси, блоки питания и вентиляторы (PSU).

Сервер серийных протоколов (Legacy protocol server (LPS)), для поддержки протокола X.25 и асинхронных протоколов;

Сервер для резервного наземного соединения (Dial backup server (DBS))- для обеспечения непрерывной доступности сервиса;

Медиа шлюз (Media gateway)-для сопряжения с ТСОП через интерфейс E1 с сигнализацией R2MFC;

Шлюз сигнализации (Signaling gateway)-обеспечивает поддержку сигнализации ОКС№7 (SS7);

Сервер ускорения HTTP трафика (Internet page accelerator server (IPA));

Хранилище данных StorEdge – Network Attached Storage (NAS).

Некоторые компоненты опциональны. Например: для HUB, поддерживающего, только передачу данных, конфигурация не должна включать любые компоненты телефонии и наоборот (компонент HSP, основной в любой конфигурации).

Компьютер, с установленным программным обеспечением клиента NMS подключается к серверу NMS через локальную сеть LAN.

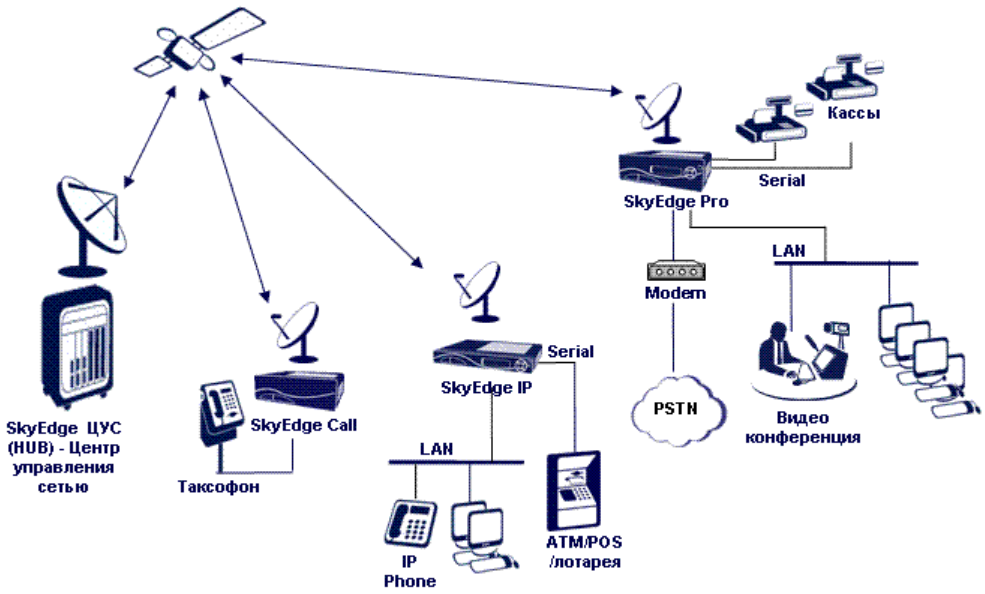

Рисунок 2.4 – Соединения ЦУС (HUB)

Спутниковый процессор (Hub Satellite Processor (HSP)) и шасси приемников (HRU).

HSP обеспечивает все взаимодействия связанные со спутниковым соединением. Сигнал промежуточной частоты поступает в HSP от радиочастотного приемо-передающего оборудования (RFT), обрабатывается и посылается в соответствующий компонент (DPS-для передачи данных, VPP-для передачи голоса). HSP состоит из следующих компонентов:

Шасси приемников ЦУС (Hub Receiver Units (HRU));

Карта CPU;

Устройство синхронизации (Synchronization Device).

Hub Satellite Processor (HSP) и HRU – DVB-RCS.

DVB-RCS HSP обеспечивает все взаимодействия, связанные со спутниковым соединением канала Inbound. Сигнал промежуточной частоты поступает в HSP от радиочастотного приемо-передающего оборудования (RFT), обрабатывается и посылается в DPS. HSP состоит из следующих компонентов:

Шасси приемников DVB-RCS (Hub Receiver Units (HRU));

DVB-RCS CPU карта;

Устройство синхронизации DVB-RCS (Synchronization Device).

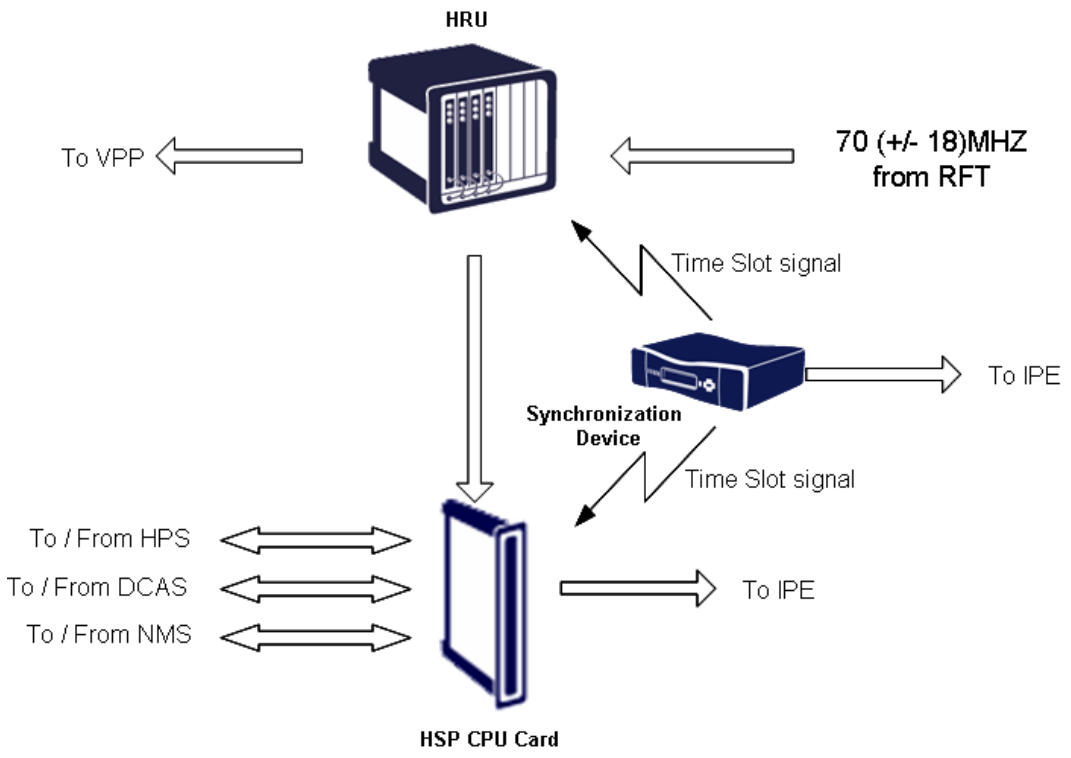

Рисунок 2.5 – Блок-диаграмма HSP

Сервер протокола данных (Data Protocol Server (DPS)).

Сервер протокола данных DPS выступает в качестве интерфейса между IP сетью пользователя и спутниковой сетью SkyEdge. Он соединен с одной стороны с IP сетью пользователя и опционально сетью Интернет, с другой стороны с HSP/IPE.

Сервер DPS построен на карте PowerPC, установленной в шасси PCI как и другие компоненты HUB.

В сервере DPS реализована часть протокола, отвечающая за сторону HUB, собственной разработки компании Gilat - “Backbone”, оптимизированного для спутниковой передачи. В отличии от основных коммуникационных протоколов, протокол “Backbone” разработан для использования в очень специфических условиях: в асимметричном спутниковом соединении с протоколом LAPU или DVB-RCS.

Основные коммуникационные протоколы плохо работают через спутниковое соединение из – за проблемы, связанной с большой задержкой, и простое инкапсулирование этих протоколов не решит проблему производительности. Для преодоления этой проблемы сервер DPS локально обрабатывает пользовательские протоколы (например TCP), удаляет протокольные заголовки и инкапсулирует только пользовательские данные в протокол Backbone. Обратная процедура имеет место на другом конце соединения, на стороне терминала. Этот метод называется “Spoofing”.

Обеспечивая «TCP spoofing» сервер DPS улучшает производительность большинства пользовательских приложений. Дополнительные манипуляции по ускорению производятся с протоколом HTTP. Терминал взаимодействует с компьютером пользователя и локально обрабатывает протоколом HTTP, в то время как передача данных от HUB использует протокол Backbone.

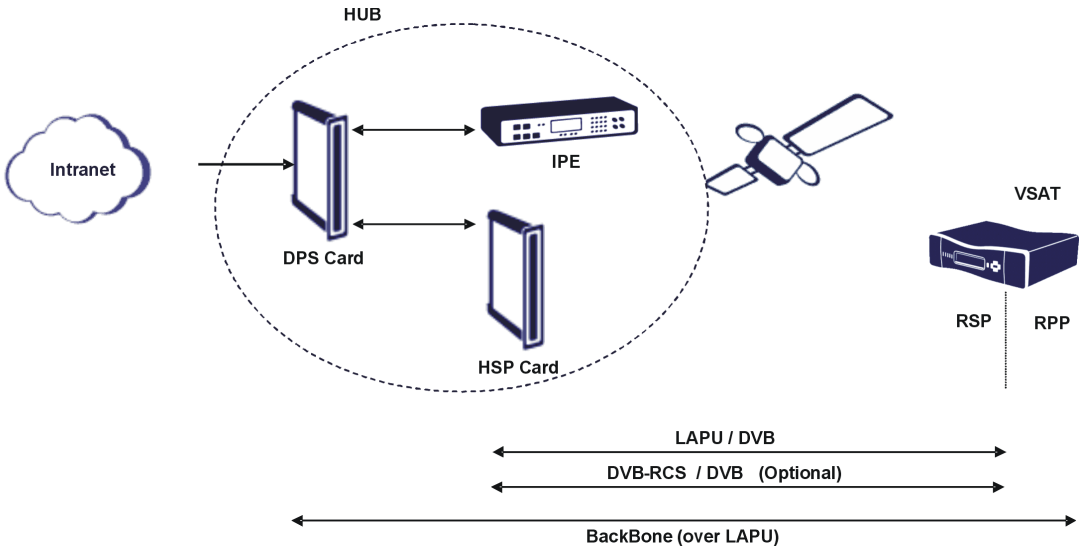

Рисунок 2.6 – Протоколы Backbone и LAPU

Это значительно улучшает время ответа HTTP приложений и впечатление пользователя по сравнению с использованием «простого» HTTP через спутниковое соединение (даже если применяется Spoofing)

В дополнении к ускорению трафика TCP/IP , опционально сервер DPS имеет программный модуль для поддержки улучшенных возможностей, таких как шифрование и сжатие, а также поддержки Virtual Private Network (VPN).

Сервер динамического выделения ресурсов для телефонных соединений (Dynamic Call Allocation Server (DCAS)).

Компонент DCAS в системе SkyEdge осуществляет динамическое выделение ресурсов для телефонных соединений. Этот компонент выполняет функции спутникового коммутатора. Компонент DCAS заботится только о телефонных соединениях. Выделение спутниковых ресурсов и перераспределение этих ресурсов задача модуля CSRM (реализованного в HSP). Только один активный DCAS может работать на сети.

Компонент DCAS обрабатывает все телефонные запросы на выделение ресурсов от удаленных терминалов для исходящих соединений или звонков внутри сети;

Компонент DCAS обрабатывает запросы с ТСОП (PSTN);

Поддерживает различные сервисы: полная переадресация, CLIP/CLIR и т.д.;

Поддержка сигнализации SS7 и R2;

Взаимодействие с любой внешней системой;

Осуществляет маршрутизацию, манипуляцию звонка и биллинг;

Генерирует биллинговые файлы (CDR (call data record)) для каждой попытки (удачной или нет), что позволяет клиенту производить:

Биллинг;

Анализ трафика;

Анализ GOS (grade of service).

DCAS взаимодействует с HSP через протокол TCP/IP;

DCAS взаимодействует с удаленными терминалами через HSP и VPP;

DCAS взаимодействует с наземными шлюзами (Media Gateways) через LAN;

DCAS взаимодействует с NMS используя протокол UDP;

Компонент DCAS получает базу данных конфигурации из NMS и обслуживает удаленные станции в зависимости от их статуса.

Процессор обработки голосовых пакетов (Voice Packets Processor (VPP)).

Компонент VPP системы SkyEdge обрабатывает голосовые пакеты. Основная функция VPP направлять голосовые пакеты между терминалом Media Gateway для внешних звонков (из/в ТСОП) или между терминалами для внутренних звонков (терминал на терминал), когда топология сети не «mesh».

На рисунке 2.7 показано взаимодействие компонентов HUB с VPP.

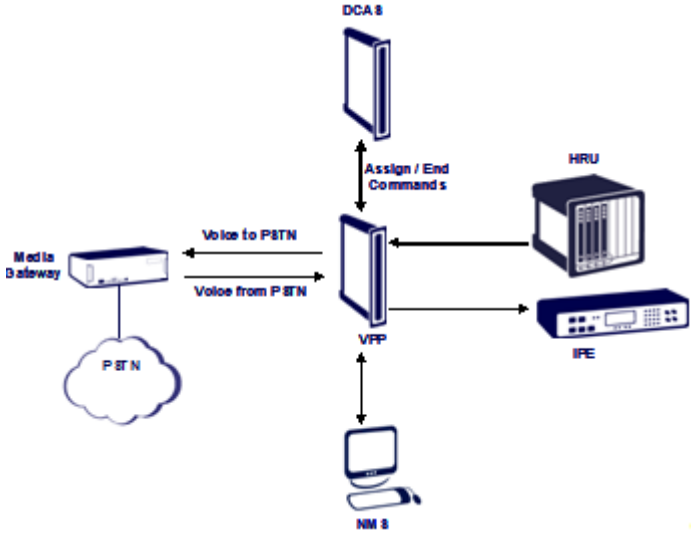

Рисунок 2.7 – Взаимодействие VPP с компонентами Hub

Система управления сетью (Network Management System (NMS))

NMS системы SkyEdge позволяет оператору управлять и контролировать телекоммуникационную сеть. С помощью NMS можно просматривать и модифицировать отдельные компоненты HUB и удаленные терминалы. Модель клиент-сервер позволяет осуществлять доступ к системе нескольким операторам. NMS сервер расположен на стороне HUB, в то время как NMS клиент может работать удаленно. Пользовательский интерфейс NMS используется для конфигурации сети, управления пользователями, контроля и управления сетью, предоставляет аварийные сообщения и события сети, сбор статистики, сбор сообщений сети и генерирование LOG и CDR файлов.

Управление сетью и контроль. Администратор сети может настроить разные уровни доступа для операторов, позволяя различным операторам осуществлять операции контроля и конфигурации сети согласно их уровню доступа.

NMS позволяет оператору конфигурировать и контролировать следующие элементы:

IPE;

Modulator;

HSP – спутниковые параметры;

Satellite Gateway – E1 и сигнализацию, спутниковые параметры;

VSAT – Голосовые порты и порты передачи данных, спутниковые параметры;

DCAS – Телефонные параметры, маршрутизация;

VPP – конфигурация;

Media Gateway – характеристики E1, SS#7 и MFC-R2 сигнализация;

DPS – Маршрутизация и IP адреса;

SIU – SS#7 доступ;

Server Farm – HPA, QoS, Load Balancer, Cache Server, Router.

Графический интерфейс пользователя (Graphical User Interface (GUI)).

Система NMS имеет иерархический, объектно-ориентированный удобный пользовательский интерфейс GUI. Иконки и окна представляют сетевые компоненты и группы. Группы могут включать терминалы, группы терминалов; компоненты HUB и шлюзы. При необходимости оператор может переносить сетевые элементы между группами. Иконки используются для взаимодействия с компонентом, включая конфигурацию, передачу команд, опрос статуса, сбор статистики и предоставление отчетов. Если компонент состоит из подкомпонентов, доступ к этим компонентам происходит через компонент верхнего уровня. Цвет иконки сообщает текущий статус компонента.

Наземные Шлюзы (Media Gateway).

Компонент Media Gateway - основной интерфейс между сетью SkyEdge и наземной телефонной сетью. Он располагается на HUB (или выносится через WAN соединение) и имеет интерфейс E1. Компонент Media Gateway поддерживает до 30 одновременных звонков. Один HUB SkyEdge поддерживает до 128-ми Media Gateway.

Компонент Media Gateway управляется двумя объектами сети:

NMS: NMS предоставляет конфигурацию и программное обеспечение для Media Gateway. Как компонент HUB, Media Gateway управляется и контролируется с помощью NMS;

DCAS: DCAS контролирует Media Gateway в назначении звонков во взаимодействии со входящими звонками и завершении соединений. DCAS контролирует статус Media Gateway и его портов (E1 time slots).

Компонент Media Gateway поддерживает два типа сигнализации:

MFC/R2: обмен сигнализацией между Media Gateway и соответствующей телефонной станцией, используя протокол R2 во время установления и завершения соединения. Media Gateway имеет возможность адаптироваться к различным вариантам протокола R2, используя параметры настройки;

ОКС №7 (SS7): Media Gateway используется как голосовой транспорт. Весь обмен сигнальной информацией со смежной телефонной станцией происходит через SIU и направляется DCAS.

Сигнальный шлюз (Signaling Gateway) управляет передачей сигналов SS7, выступая в качестве клиента DCAS для обеспечения всех нужд сети SkyEdge в сигнализации SS7.

По отношению к сигнальной сети работает с сигнальным соединением (зачастую чрез E1) согласно протокольному стеку, сигнализации SS7 (включая физическую синхронизацию, синхронизацию на уровне «data link», маршрутизацию, распределение нагрузки и т.д.) и обменивается сигнальными сообщениями согласно ISUP.

Сигнальный шлюз обменивается сигнальными сообщениями с DCAS через соединение TCP/IP, используя протокол, схожий с ISUP.

Звено Outbound.

Звено Outbound системы SkyEdge (рисунок 2.8) включает два полностью избыточных (резервных) компонента:

Инкапсулятор (IPE);

Модулятор.

Инкапсулятор IP (IPE) является по сути маршрутизатором, который принимает IP пакеты, конвертирует или упаковывает их (согласно IP адресу назначения во входящем пакете) во фреймы MPEG2 TC (транспортный поток) и посылает их модулятору, который трансформирует их в поток DVB-S.

IPE использует два типа упаковки: MPE (Multi Protocol Encapsulation) для пользовательских данных и системных сообщений, и «data piping» упаковку для голосовых пакетов.

Для приема IP пакетов от компонентов HUB, IPE использует четыре типа интерфейсов (портов):

IP Forwarding-стандартный порт, который действует также как и любой коммутатор 3-го уровня - направляет пакеты по из назначению (к терминалам через модулятор), основываясь на сконфигурированных подсетях или таблице маршрутизации;

Ethernet IP Forwarding In-этот порт принимает IP пакеты. Основываясь на таблице перенаправления, определяется, какие пакеты инкапсулировать в формат MPE. Порт IP Forwarding In выступает входящим портом для перенаправления трафика типа: Sync и MC&C (Management, Command & Control);

UDP-In-этот порт использует UDP туннель для передачи потока данных, очень схоже со взаимодействием между DPS и HSP. Отправитель посылает трафик на специфический UDP порт, на котором «слушает» IPE. Порт UDP In служит логическим портом для приема голосовых пакетов для последующей передачи их через канал Outbound;

TCP-In-принимает данные, которые буду переданы через TCP соединение. Это обеспечивает надежность передачи данных и контроль потока данных через стандартные механизмы TCP. Порт TCP In выступает логическим портом для приема данных, которые необходимо передать через канал Outbound.

Удаленные терминалы. Функциональные возможности семейства терминалов SkyEdge VSAT.

VSAT выступает в роли удаленного терминала сети. HUB системы SkyEdge может работать с различными типами терминалов одновременно. Каждый терминал в семействе поддерживает передачу данных и/или передачу голоса и взаимодействует с серверами HUB (DPS, VPP/MGW), с NMS, и при необходимости, с другими терминалами. Таким образом, современные

двухсторонние спутниковые терминалы SkyEdge предлагают беспрецедентное многообразие конфигураций. Диапазон терминалов включает:

SkyEdge Pro;
SkyEdge IP;
SkyEdge Call;
SkyEdge Gateway;
SkyEdge DVB-RCS.

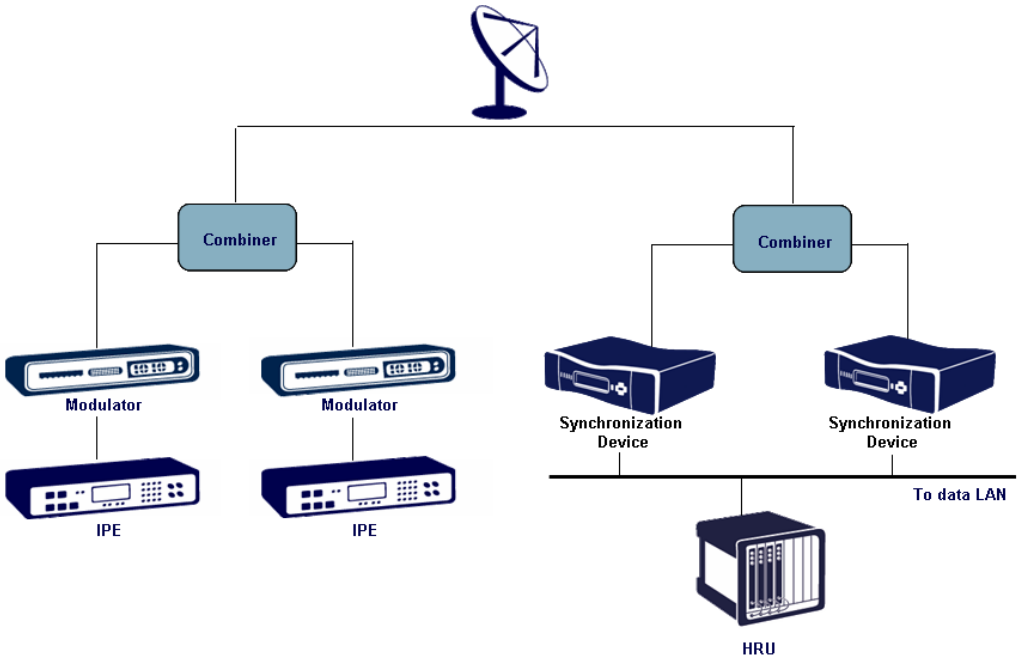

Рисунок 2.8 – Компоненты звена Outbound

SkyEdge Pro - многофункциональная платформа для передачи интерактивных данных, широкополосного IP и серийных протоколов, общественной и корпоративной телефонии, на единой платформе. Этот универсальный терминал имеет три слота расширения для установки дополнительных карт.

Высокопроизводительный терминал SkyEdge Pro является правопреемником продуктов DialAw@y IP и Skystar Advantage. Он имеет очень низкое энергопотребление (типично меньше 20 Ватт) и дополнительные механизмы энергосбережения и может работать от солнечных панелей или дизельгенераторов – идеален для сельской местности. Терминал SkyEdge Pro поддерживает все IP возможности предыдущего продукта Skystar 360E и функциональные возможности широкого набора IP функций терминала SkyEdge IP.

Терминал SkyEdge Pro поддерживает традиционную передачу голоса компании Gilat, которая может работать в режиме «star», «multi-star» и «mesh» с двумя возможными стандартными кодеками сжатия голоса: G.729 (8 Кбит/с) и G.723 (6.4 Кбит/с). Этот терминал поддерживает передачу факсимильных сообщений и передачу данных в режиме Dialup для таксофонов.

SkyEdge IP это высокоскоростной IP маршрутизатор, позволяет передавать интерактивные широкополосные IP данные, поддерживает асинхронные приложения и многоадресную доставку данных. С поддержкой стандарта DVB и обширными IP функциями этот терминал идеален для бизнеса любого масштаба, требующего чрезвычайно высокой производительности в обоих каналах передач данных (Outbound и Inbound) для мультимедийных приложений, высокоскоростной доставки больших файлов и высокоскоростного WEB доступа. Терминал SkyEdge IP поддерживает все IP функции системы Skystar 360E, включая RIP, IRDP, DHCP, NAT, IGMP, IP prioritization, ACL. Опционально поддерживаются асинхронные приложения через серийный встроенный порт. Благодаря улучшенной вычислительной мощности он превосходит своего предшественника и может обеспечить скорость передачи данных в канале Inbound до 2 Мбит/с (burst rate), и поддерживает гораздо большее количество подсоединенных компьютеров. Терминал SkyEdge IP имеет программный модуль, обеспечивающий шифрование трафика.

Улучшенный, благодаря ЖКИ дисплею и кнопкам навигации, интерфейс взаимодействия с пользователем облегчает процесс установки и обслуживания терминала. Настройка терминала может быть проведена без какого-либо дополнительного оборудования, состояние терминала и результаты самотестирования могут быть представлены с помощью ЖКИ дисплея.

SkyEdge Call превосходит другие терминалы по телефонным функциям и создан для поддержки сельской телефонии (USO) и правительственных проектов. Этот терминал предлагает телефонные возможности, включающие высококачественную передачу голоса, передачу факсимильных сообщений и данных по принципу Dialup, а также ряд дополнительных возможностей. Вместе с беспрецедентным накопленным опытом и ноу-хау, унаследованным от системы DialAw@y компании Gilat, а также благодаря применению новых методов модуляции, улучшающих использование спутникового ресурса, компания Gilat создала идеальный терминал для сельских проектов и нужд телефонии.

Этот терминал поддерживает все телефонные функции продукта DialAw@y в топологии звезда «star». Он поддерживает традиционную телефонию (Native Telephony) с двумя или одной телефонной линией для передачи голоса и факсимильных сообщений и поддержки таксофонов. Вместе с очень низким энергопотреблением (типично меньше 20 Ватт) и дополнительными механизмами энергосбережения терминал SkyEdge Call может работать от солнечных панелей или дизель генераторов и идеален для сельской местности.

SkyEdge Gateway платформа предоставления транковых решений. Терминал поддерживает цифровую телефонию и передачу данных, по требованию через выделенные каналы «mesh». Терминал SkyEdge Gateway обеспечивает сопряжение с ТСОП для корпоративных клиентов и

правительственных организаций. Соединяет Ваши телефонные станции, базовые станции сотовой связи, корпоративные LAN/WAN. Поддерживает видеоконференции и высокоскоростные приложения.

Терминал SkyEdge Gateway является правопреемником системы FaraWay. Он укомплектовывается набором карт расширения, которые позволяют предоставлять полный канал E1 для телефонных приложений. Для передачи данных он поддерживает IP в режиме PAMA и в режиме DAMA, с предопределенными скоростями и базируясь на IP адресе. Обычно, терминал укомплектовывается картой «MESH» для поддержки полносвязной топологии.

SkyEdge DVB-RCS- Улучшенное решение стандарта, этот терминал соответствует требованиям стандарта и предназначен для передачи широкополосных IP данных и поддержки многоадресных приложений.

Этот терминал поддерживает синхронизацию PCR и конфигурацию на основе таблиц в канале Outbound, режим резервирования RCS с короткими пакетами, модуляцию QPSK в канале Inbound. Терминал работает с линейными ODU, что позволяет использовать модуляцию QPSK. Линейный ODU может принимать любую опорную частоту от терминала. Терминал DVB-RCS также полностью совместим с системой SkyEdge таким образом, сеть использующая эти терминалы может работать в режиме собственной разработки компании Gilat, а позже переконфигурирована (путем загрузки через спутник, программного обеспечения с HUB) для работы в режиме DVB-RCS.

1.6 Особенности энергетики спутниковой линии. Цели и задачи расчета

Линия спутниковой связи состоит из двух участков: Земля-спутник и спутник-Земля. В энергетическом смысле оба участка весьма напряженные.

Первый - из-за тенденции к уменьшению мощности передатчиков и упрощению земной станции, второй - из-за ограничений на массу, габаритные с размеры и энергопотребление бортового ретранслятора, лимитирующие его мощность.

Основная особенность спутниковых линий - наличие больших потерь сигнала, обусловленных затуханием его энергии на трассах большой физической протяженности. Так, при высоте орбиты ИСЗ, равной 36 тыс. км, затухание сигнала может достигать 200 дБ. Помимо этого основного затухания в пространстве, сигнал в линиях спутниковой связи подвержен влиянию большого числа других факторов. Таких как поглощение в атмосфере, рефракция, влияние дождевых осадков и т. д. С другой стороны, на приемное устройство спутника и земной станции кроме собственных флуктуационных шумов воздействуют разного рода помехи в виде излучения космоса, Солнца и планет. В этих условиях правильный и точный учет влияния всех фактории позволяет осуществить оптимальное проектирование системы, обеспечить ее уверенную работу в наиболее трудных условиях и в то же время исключить излишние энергетические запасы, приводящие к неоправданному увеличению сложности земной и бортовой аппаратуры.

Нормы на некоторые качественные показатели спутниковых каналов (например, отношение сигнал-шум) имеют статистический характер. Это заставляет оценивать возмущающие факторы также статистически, т. е. при расчетах вводить не только количественную меру воздействия того или иного фактора, но и вероятность (частоту) его появления. Необходимо учитывать характер и число передаваемых сигналов, а также характер их преобразования (обработки) в спутниковом ретрансляторе. При передаче телефонных сигналов с многостанционным доступом через бортовой ретранслятор проходит несколько сигналов, разделенных по частоте, времени или форме и оказывающих взаимное влияние, которое должно учитываться при расчете энергетики спутниковых линий.[3]

1.7 Исходные данные для расчета

Т а б л и ц а 1.4 - Географическое расположение

ЗС / Координаты	Алматы	Мангистауский район	Джангельдинский район	Улытауский район	Аягозский район
Широта (Север)	43°15'	51°10'	47°07'	42°20'	49°58'
Долгота (Восток)	76°57'	71°30'	51°56'	69°38'	82°35'

Т а б л и ц а 1.5 - Техническая спецификация ИСЗ NSS-6

1. Разработчик / производитель	Lockheed Martin Astro Space
2. Модель	Astro Series 7000
3. Масса при запуске	4,5 тонны
4. Планируемый срок службы	14 лет
5. Стабилизация	Стабилизирован по 3 осям
6. Орбитальная позиция	95° в.д.
7. Число транспондеров	50
8. Частота трансляции (вверх/вниз)	14 / 11 ГГц
9. Ширина полосы частот транспондера	20 по 54 МГц, 30 по 36 МГц
10. Поляризация	Линейная
11. Максимальная ЭИИМ	54 дБВт
12. Зона покрытия	Средняя Азия, Южная Африка, Индия, Китай, Юго-Восточная Азия, Северо-Восточная Азия, Австралия
13. Мощность передатчика на ЛБВ	120 Вт
14. Плотность потока насыщения (SFO)	Max:-80 ± 1 дБ·Вт/м2
	Min: -95 ± 1 дБ·Вт/м2
15. Приемная командная частота	6423,5 МГц – вертикально поляризованная
16. Передаваемые частоты телеметрии	TF1: 11198,0 МГц горизонт TF2: 11199,5 МГц горизонт

1.8 Расчет энергетики спутниковой линии

1.8.1 Расчет спутниковой линии Алматы – точка в Мангистауском районе.

(см. приложение А) Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos\varphi}, \quad (1.1)$$

где $\cos\varphi = \cos\xi \cos\beta$,

где ξ - широта наземной станции,

β- разность долгот спутника и земной станции,

d - расстояние от земной станции до спутника, км.

Подставляя исходные данные в формулу (3.1), получим:

для Алматы:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 43°15' \cdot \cos(95° - 76°57')} =$$
$$= 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot 0{,}728 \cdot 0{,}315} = 37480\ км,$$

для местоположения в Мангистауском районе:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 51°10' \cdot \cos(95° - 71°31')} =$$
$$= 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot 0{,}627 \cdot 0{,}41} = 36980\ км.$$

Далее рассчитаем угол места и азимут на спутник с земных станций по следующим формулам:

$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg\beta}{\sin\xi}\right), \quad (1.2)$$

$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos\beta \cdot \cos\xi - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2\beta + \cos\beta \cdot \sin\xi}}\right), \quad (1.3)$$

где $\beta = \gamma - \delta$,

γ - долгота подспутниковой точки, грд;

δ - долгота земной станции, грд;

ξ - широта земной станции, грд.

Подставляя исходные данные в формулы (3.2) и (3.3), получим:

для Алматы:

$$\beta = \gamma - \delta = 95° - 76°57' = 18°03' = 0{,}315$$

$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg18°03'}{\sin 43°15'}\right) = 154{,}66°,$$

$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos 18°03' \cdot \cos 43°15 - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 18°03' + \cos 18°03' \cdot \sin 43°15}}\right) = 32{,}045°,$$

для Мангистауского района:

$$\beta = \gamma - \delta = 95° - 71°30' = 23°30' = 0{,}41$$

$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg23°30'}{\sin 51°10'}\right) = 150{,}936°,$$

$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos 23°30' \cdot \cos 51°10' - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 23°30' + \cos 23°30' \cdot \sin 51°10'}}\right) = 24{,}42°.$$

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.

Выберем для расчетов транспондер ME HA1/ME VA1, центральные частоты этого транспондера - 14029 МГц на прием и 10977 МГц на передачу.

Затухание энергии сигнала в свободном пространстве рассчитывается по формуле:

$$L = 20\lg\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right), \quad (1.4)$$

где L - затухание энергии, дБ;

d - расстояние между ИСЗ и ЗС, м;

$\lambda = c/f$ - длина волны, м;

c =3·108 м/с - скорость света;

f - частота сигнала, Гц.

Для Алматы затухание энергии сигналов в свободном пространстве за счет расхождения фронта волны на пути распространения Земля - спутник (f = 14029 МГц, λ= 0,021 м) будет равно:

$$L \uparrow = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 37480 \cdot 10^3}{0{,}021}\right) = 206{,}855\ дБ,$$

а на пути распространения спутник - Земля (f = 10977 МГц, λ =0,027 м) равно:

$$L\downarrow = 20\lg\left(\frac{4\cdot 3{,}14\cdot 37480\cdot 10^3}{0{,}027}\right) = 204{,}724 дБ.$$

Аналогично рассчитываем затухание для ЗССС в Мангистауском районе. Подставляя в формулу (3.4) исходные данные, получаем затухание на линии Земля спутник:

$$L\uparrow = 20\lg\left(\frac{4\cdot 3{,}14\cdot 36980\cdot 10^3}{0{,}021}\right) = 206{,}738\, дБ,$$

а на линии спутник - Земля:

$$L\downarrow = 20\lg\left(\frac{4\cdot 3{,}14\cdot 36980\cdot 10^3}{0{,}027}\right) = 204{,}607\, дБ.$$

Для дальнейших расчетов необходимо воспользоваться некоторыми техническими характеристиками станции. Технические характеристики центральной и удаленной станций и бортового ретранслятора сведем в таблицы 1.6, 1.7, 1.8.

Т а б л и ц а 1.6 - Параметры центральной станции

Параметр	Величина	Обозначение
Диаметр антенны, м	3,7	Dцс
Коэффициенты усиления антенны: на передачу, дБ на прием, дБ	53 51,6	$G_{пер\ цс}$ $G_{пр\ цс}$
Затухание в ВЧ-части: на передачу, дБ на прием, дБ	4 2,4	$\eta_{пер\ цс}$ $\eta_{пр\ цс}$
Выходная мощность передатчика, Вт	16	$P_{пер\ цс}$
Эквивалентная шумовая температура, К	38	Тцс
Требуемое отношение сигнал/шум на входе приемника при вероятности ошибки 10-6, дБ	7,5	$\left(P_c / P_ш\right)_{\sum цс}$

Т а б л и ц а 1.7 - Параметры передвижного комплекса

Параметр	Величина	Обозначение
Диаметр антенны, м	1,8	Dус
Коэффициенты усиления антенны: на передачу, дБ на прием, дБ	36,3 36,3	$G_{пер\ ус}$ $G_{пр\ ус}$
Затухание в ВЧ-части: на передачу, дБ на прием, дБ	1 1	$\eta_{пер\ ус}$ $\eta_{пр\ ус}$
Эквивалентная шумовая температура, К	30град 42	Тус
Требуемое отношение сигнал/шум на входе приемника при вероятности ошибки 10-6, дБ	7,5	$\left(P_c / P_ш\right)_{\sum ус}$

Т а б л и ц а 1.8 - Параметры бортового ретранслятора

Параметр	Величина	Обозначение
Эквивалентная изотропно излучаемая мощность в центре зоны, дБ	50	ЭИИМ
Мощность бортового передатчика, Вт	16	Рб
Мощность бортового передатчика, дБ	24,1	Рб
Затухание в ВЧ-части на передачу, дБ на прием, дБ	2 2	$\eta_{пер.б.}$ $\eta_{пр.б.}$
Эквивалентная шумовая температура, К	1200	$T_{\sum б}$

Для дальнейших расчетов необходимо, вычислить коэффициенты усиления антенны спутника в направлении на ЗС Алматы и Астане.

Воспользуемся формулой:

$$ЭИИМ = P_{пер} + G_{пер} - \eta_{пер}, \quad (3.5)$$

где Рпер - эффективная мощность сигнала на выходе передатчика, дБ;

η - затухание в ВЧ-части, дБ.

Вся территория Казахстана находится в зоне ЭИИМ = 50 дБ. Преобразуем формулу (3.5).

$$G_{пер} = ЭИИМ - P_{пер} + \eta_{пер}, \quad (3.6)$$

Вычислим усиление антенны спутника в направлении на Алматы:

$$G_{пер\ б} = 50 - 24{,}1 + 2 = 27{,}9 дБ;$$

на Мангистауского района:

$$G_{пер\ б} = 50 - 24{,}1 + 2 = 27{,}9 дБ;$$

Произведем расчет дополнительного затухания при распространении радиоволн в атмосфере:

$$L_{доп} = L_a + L_g + L_H + L_n, \quad (3.7)$$

где $L_{доп}$ - 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.

для Алматы (азимут = 154,662°, угол места = 32,045°):

La = 1 дБ; Ln = 1 дБ; Lg=7 дБ; LH = 2 дБ;

тогда:

$$L_{доп} = 1 + 1 + 7 + 2 = 11 дБ;$$

для Мангистауского района (азимут = 150,936°, угол места = 24,42°)

La = 1 дБ; Ln = 1 дБ; Lg=7 дБ; LH = 2 дБ;

$$L_{доп} = 1 + 1 + 7 + 2 = 11 дБ;$$

Дополнительное затухание при распространении вниз будет отличаться от затухания при распространении луча вверх на малую величину, которой можно, пренебречь, поэтому для удобства расчетов примем $L\uparrow_{доп} = L\downarrow_{доп}$.

1.8.2 Расчет спутниковой линии Алматы – точка местоположения в Джангельдинском районе.

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле (3.1):

для Алматы:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 43°15' \cdot \cos(95° - 76°57')} =$$
$$= 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot 0{,}728 \cdot 0{,}315} = 37480\ км,$$

для Джангельдинского района:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 47°07' \cdot \cos(95° - 51°56')} =$$
$$= 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot 0{,}681 \cdot 0{,}0752} = 36690\ км.$$

Далее рассчитаем угол места и азимут на спутник с земных станций по формулам 3.2 и 3.3. Подставляя исходные данные в формулы (3.2) и (3.3), получим:

для Алматы:

$$\beta = \gamma - \delta = 95° - 76°57' = 18°03' = 0{,}315$$
$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg 18°03'}{\sin 43°15'}\right) = 154{,}66°,$$
$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos 18°03' \cdot \cos 43°15 - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 18°03' + \cos 18°03' \cdot \sin 43°15}}\right) = 32{,}045°,$$

для Джангельдинского района:

$$\beta = \gamma - \delta = 95° - 51°56' = 43°04' = 0{,}752$$
$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg 43°03'}{\sin 47°07'}\right) = 128{,}178°,$$
$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos 43°03' \cdot \cos 47°07' - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 43°03' + \cos 43°03' \cdot \sin 47°07'}}\right) = 19{,}09°.$$

Далее рассчитаем затухание энергии сигнала, в свободном пространстве: для этого выберем для расчетов транспондер ME HA1/ME VA1, центральные частоты этого транспондера - 14029 МГц на прием и 10977 МГц на передачу.

Затухание энергии сигнала в свободном пространстве рассчитывается по формуле 3.4.

Для Алматы затухание энергии сигналов в свободном пространстве за счет расхождения фронта волны на пути распространения Земля - спутник (f = 14029 МГц, λ= 0,021 м) будет равно:

$$L\uparrow = 20\lg\left(\frac{4\cdot 3{,}14\cdot 37480\cdot 10^3}{0{,}021}\right) = 206{,}855\,дБ,$$

а на пути распространения спутник - Земля (f = 10977 МГц, λ =0,027 м) равно:

$$L\downarrow = 20\lg\left(\frac{4\cdot 3{,}14\cdot 37480\cdot 10^3}{0{,}027}\right) = 204{,}724дБ.$$

Аналогично рассчитываем затухание для ЗССС в Джангельдинском районе. Подставляя в формулу (3.4) исходные данные, получаем затухание на линии Земля спутник:

$$L\uparrow = 20\lg\left(\frac{4\cdot 3{,}14\cdot 36690\cdot 10^3}{0{,}021}\right) = 206{,}669\,дБ,$$

а на линии спутник - Земля:

$$L\downarrow = 20\lg\left(\frac{4\cdot 3{,}14\cdot 36690\cdot 10^3}{0{,}027}\right) = 204{,}539\,дБ.$$

Для дальнейших расчетов необходимо, вычислить коэффициенты усиления антенны спутника в направлении на ЗС Алматы и Джангельдинском районе.

Вычислим усиление антенны спутника в направлении
на Алматы:

$$G_{пер\ б} = 50 - 24{,}1 + 2 = 27{,}9дБ;$$

на Джангельдинский район:

$$G_{пер\ б} = 50 - 24{,}1 + 2 = 27{,}9дБ;$$

Произведем расчет дополнительного затухания при распространении радиоволн в атмосфере по формуле 3.7.

для Алматы (азимут = 154,662°, угол места = 32,045°):

La = 1 дБ; Ln = 1 дБ; Lg=7 дБ; LH = 2 дБ;

тогда:

$$L_{доп} = 1 + 1 + 7 + 2 = 11дБ;$$

для Джингельдинского района (азимут = 128,178°, угол места = 19,09°)

La = 1 дБ; Ln = 1 дБ; Lg=7 дБ; LH = 2 дБ;

$$L_{доп} = 1 + 1 + 7 + 2 = 11\,дБ;$$

1.8.3 Расчет спутниковой линии Алматы – Улытауский район.

Аналогично расчитаем спутниковую линию Алматы – Улытауский район.

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле (3.1):

для Алматы:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 43°15' \cdot \cos(95° - 76°57')} =$$
$$= 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot 0{,}728 \cdot 0{,}315} = 37480\,км,$$

Для Улытауского района:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 42°20' \cdot \cos(95° - 69°38')} =$$
$$= 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot 0{,}7393 \cdot 0{,}904} = 38206\,км.$$

Далее рассчитаем угол места и азимут на спутник с земных станций по формулам 3.2 и 3.3. Подставляя исходные данные в формулы (3.2) и (3.3), получим:

для Алматы:

$$\beta = \gamma - \delta = 95° - 76°57' = 18°03' = 0{,}315,$$

$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg18°03'}{\sin 43°15'}\right) = 154{,}66°,$$

$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos 18°03' \cdot \cos 43°15 - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 18°03' + \cos 18°03' \cdot \sin 43°15}}\right) = 32{,}045°,$$

для Улытауского района:

$$\beta = \gamma - \delta = 95° - 69°38' = 25°22' = 25{,}37,$$

$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg\,25°22'}{\sin 42°20'}\right) = 114{,}84°$$
,

$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos 25°22' \cdot \cos 42°20' - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 25°22' + \cos 25°22' \cdot \sin 42°20'}}\right) = 30{,}14°$$
.

Далее рассчитаем затухание энергии сигнала, в свободном пространстве: для этого выберем для расчетов транспондер ME HA1/ME VA1, центральные частоты этого транспондера - 14029 МГц на прием и 10977 МГц на передачу.

Затухание энергии сигнала в свободном пространстве рассчитывается по формуле 3.4.

Для Алматы затухание энергии сигналов в свободном пространстве за счет расхождения фронта волны на пути распространения Земля - спутник (f = 14029 МГц, λ= 0,021 м) будет равно:

$$L\uparrow = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 37480 \cdot 10^3}{0{,}021}\right) = 206{,}855\ дБ,$$

а на пути распространения спутник - Земля (f = 10977 МГц, λ =0,027 м) равно:

$$L\downarrow = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 37480 \cdot 10^3}{0{,}027}\right) = 204{,}724 дБ.$$

Аналогично рассчитываем затухание для ЗССС в Улытауском районе. Подставляя в формулу (3.4) исходные данные, получаем затухание на линии Земля спутник:

$$L\uparrow = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 38206 \cdot 10^3}{0{,}021}\right) = 207{,}178\ дБ,$$

а на линии спутник - Земля:

$$L\downarrow = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 38206 \cdot 10^3}{0{,}027}\right) = 204{,}995\ дБ.$$

Для дальнейших расчетов необходимо, вычислить коэффициенты усиления антенны спутника в направлении на ЗС Алматы и Улытауский район.

Вычислим усиление антенны спутника в направлении на Алматы:

$$G_{пер\ б} = 50 - 24{,}1 + 2 = 27{,}9 дБ;$$

на Улытауский район:

$$G_{пер\ б} = 50 - 24{,}1 + 2 = 27{,}9 дБ;$$

Произведем расчет дополнительного затухания при распространении радиоволн в атмосфере по формуле 3.7.

для Алматы (азимут = 154,662°, угол места = 32,045°):

La = 1 дБ; Ln = 1 дБ; Lg=7 дБ; LH = 2 дБ;

тогда:

$$L_{доп} = 1 + 1 + 7 + 2 = 11 дБ;$$

для Улытауского района (азимут = 144,84°, угол места = 30,14°)

La = 1 дБ; Ln = 1 дБ; Lg=7 дБ; LH = 2 дБ;

$$L_{доп} = 1 + 1 + 7 + 2 = 11 дБ;$$

Дополнительное затухание при распространении вниз будет отличаться от затухания при распространении луча вверх на малую величину, которой можно, пренебречь, поэтому для удобства расчетов примем $L\uparrow_{доп} = L\downarrow_{доп}$.

1.8.4 Расчет спутниковой линии Алматы – Аягозский район

Аналогично расчитаем спутниковую линию Алматы – Аягозский район.

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле (3.1):

для Алматы:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 43°15' \cdot \cos(95° - 76°57')} =$$
$$= 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot 0{,}728 \cdot 0{,}315} = 37480\ км,$$

для Аягозского района:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 49°58' \cdot \cos(95° - 82°35')} =$$
$$= 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot 0{,}643 \cdot 0{,}977} = 25996\ км.$$

Далее рассчитаем угол места и азимут на спутник с земных станций по формулам 3.2 и 3.3. Подставляя исходные данные в формулы (3.2) и (3.3), получим:

для Алматы:

$$\beta = \gamma - \delta = 95° - 76°57' = 18°03' = 0{,}315$$

$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg18°03'}{\sin 43°15'}\right) = 154{,}66°,$$

$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos 18°03' \cdot \cos 43°15 - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 18°03' + \cos 18°03' \cdot \sin 43°15}}\right) = 32{,}045°,$$

Для Аягозского района:

$$\beta = \gamma - \delta = 95° - 76°57' = 12°25'$$

$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg12°25'}{\sin 49°58'}\right) = 163{,}98°,$$

$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos 12°25' \cdot \cos 49°58 - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 12°25' + \cos 12°25' \cdot \sin 49°58}}\right) = 25{,}16°,$$

Далее рассчитаем затухание энергии сигнала, в свободном пространстве: для этого выберем для расчетов транспондер ME HA1/ME VA1, центральные частоты этого транспондера - 14029 МГц на прием и 10977 МГц на передачу.

Затухание энергии сигнала в свободном пространстве рассчитывается по формуле (3.4).

Для Алматы затухание энергии сигналов в свободном пространстве за счет расхождения фронта волны на пути распространения Земля - спутник (f = 14029 МГц, λ= 0,021 м) будет равно:

$$L\uparrow = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 37480 \cdot 10^3}{0{,}021}\right) = 206{,}855\ дБ,$$

а на пути распространения спутник - Земля (f = 10977 МГц, λ =0,027 м) равно:

$$L\downarrow = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 37480 \cdot 10^3}{0{,}027}\right) = 204{,}724 дБ.$$

Аналогично рассчитываем затухание для ЗССС в Аягозском районе. Подставляя в формулу (3.4) исходные данные, получаем затухание на линии Земля спутник:

$$L\uparrow = 20\lg\left(\frac{4\cdot 3{,}14\cdot 25996\cdot 10^3}{0{,}021}\right) = 203{,}834\ дБ,$$

а на линии спутник - Земля:

$$L\downarrow = 20\lg\left(\frac{4\cdot 3{,}14\cdot 25996\cdot 10^3}{0{,}027}\right) = 201{,}651\ дБ.$$

Для дальнейших расчетов необходимо, вычислить коэффициенты усиления антенны спутника в направлении на ЗС Алматы и Аягозском районе.

Вычислим усиление антенны спутника в направлении

на Алматы:

$$G_{пер\ б} = 50 - 24{,}1 + 2 = 27{,}9 дБ;$$

на Аягозский район:

$$G_{пер\ б} = 50 - 24{,}1 + 2 = 27{,}9 дБ;$$

Произведем расчет дополнительного затухания при распространении радиоволн в атмосфере по формуле 3.7.

для Алматы (азимут = 154,662°, угол места = 32,045°):

La = 1 дБ; Ln = 1 дБ; Lg=7 дБ; LH = 2 дБ;

тогда:

$$L_{доп} = 1 + 1 + 7 + 2 = 11 дБ;$$

для Аягозского района (азимут = 163,98°, угол места = 28,16°)

La = 1 дБ; Ln = 1 дБ; Lg=7 дБ; LH = 2 дБ;

$$L_{доп} = 1 + 1 + 7 + 2 = 11 дБ;$$

Дополнительное затухание при распространении вниз будет отличаться от затухания при распространении луча вверх на малую величину, которой можно, пренебречь, поэтому для удобства расчетов примем $L\uparrow_{доп} = L\downarrow_{доп}$.

1.9 Расчет мощности для передатчиков ЗС

Так как мощности передатчиков ЦС и ИСЗ нам известны, приведем расчет мощности для удаленной станции, исходя из условий минимизации мощности передатчика удалённой станции.

Расчитаем мощность центральной станции в г.Алматы, подставляя все вышеуказанные величины в формулу (3.8) получим:

$$P_{пер.б} = 206{,}855 + 11 - 239{,}6 + 25{,}21 + 57{,}9 - 53 - 27{,}9 + 4 + 2 + 7 + 7{,}5 =$$
$$= 3{,}56 дБ.$$

Переведем $P_{пер.З}$ в ватты, получаем:

$$P_{пер.З} = 10^{\frac{0{,}36}{10}} = 2{,}2 Вт.$$

Для реальной станции Ku-диапазона предлагается использование передатчика мощностью 16 Вт.

Рассчитаем мощность, требующуюся при работе удаленной станции на центральную станцию по формуле (3.8).

Для Мангистауского района:

$$P_{пер.З} = 206{,}738 + 11 - 239{,}6 + 25{,}11 + 51 - 36{,}3 - 30{,}1 + 1 + 2 + 7{,}5 =$$
$$= 2{,}9 дБ.$$

Переведем Рпер.З в ватты:

$$P_{пер.З} = 10^{\frac{0{,}29}{10}} = 1{,}9\ Вт.$$

При работе удаленной станции в Мангистауском районе на центральную в Аламты требуется мощность 1,9 Вт, что показывает работоспособность станции с мощностью передатчика 16 Вт.

Для Джангельдинского района:

$$P_{пер.З} = 206{,}777 + 11 - 239{,}6 + 25{,}11 + 51 - 36{,}3 - 29{,}1 + 1 + 2 + 7{,}5 =$$
$$= 3{,}2 дБ.$$

Переведем Рпер.З в ватты:

$$P_{пер.3} = 10^{\frac{0,32}{10}} = 2,08\ Вт.$$

При работе удаленной станции в Джангельдинском районе на центральную в Алматы требуется мощность 1,9 Вт, что показывает работоспособность станции с мощностью передатчика 16 Вт.

Для Улытауского района:

$$P_{пер.3} = 203,834 + 11 - 232,6 + 25,11 + 51 - 36,3 - 30,6 + 1 + 2 + 7,5 =$$
$$= 1,9 дБ.$$

Переведем Рпер.З в ватты:

$$P_{пер.3} = 10^{\frac{1,9}{10}} = 1,5\ Вт.$$

При работе удаленной станции в Улытауском районе на центральную в Алматы требуется мощность 1,5 Вт, что показывает работоспособность станции с мощностью передатчика 16 Вт.

Для Аягозского района:

$$P_{пер.3} = 204,995 + 11 - 232,6 + 25,11 + 51 - 36,3 - 30,1 + 1 + 2 + 7,5 =$$
$$= 3,05 дБ.$$

Переведем Рпер.З в ватты:

$$P_{пер.3} = 10^{\frac{3,05}{10}} = 2,2\ Вт.$$

При работе удаленной станции в Аягозском районе на центральную в Алматы требуется мощность 2,2 Вт, что показывает работоспособность станции с мощностью передатчика 16 Вт.

2. Безопасность жизнедеятельности

2.1 Анализ условий труда

В данном дипломном проекте разрабатывается план передвижного мобильного комплекса связи.

В данном разделе «Безопасность жизнедеятельности», необходимо проанализировать условия труда потенциальных пользователей комплекса, контролирующих правильную работу оборудования, выявить неблагоприятные влияющие факторы на окружающую среду и разработать конкретные меры по обеспечению безопасности труда сотрудников.

Внешние габаритные размеры фургона: длина 5000 мм, ширина 2145 мм, высота 2000 мм. Фургон выполнен из современных многослойных «сэндвич»-панелей. В задней части фургона спроектированы ворота. Предусмотрен запорный механизм. В задней части внутри фургона смонтировано подъемное устройство. На левой боковой стенке в задней части кузова выполнена входная дверь. Предусмотрены открывающиеся окна (размещение которых может быть выполнено в любом месте, по желанию заказчика). Напольное покрытие фургона выполнено из влагостойкого материала с противоскользящим покрытием. Термоизоляция фургона должна достаточна для его эксплуатации в разных климатических условиях (от -30 до +45С). Автономный генератор размещается в изолированном отсеке.

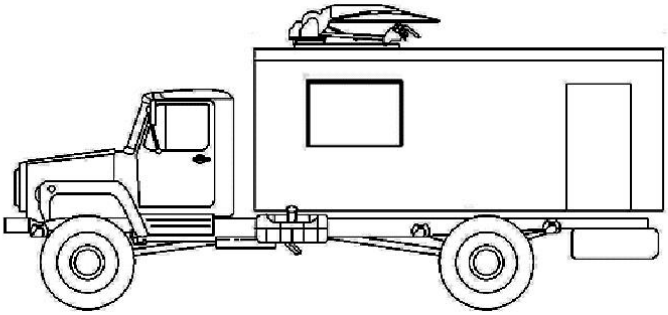

Рисунок 2.1 – Мобильный комплекс, вид сбоку.

Т а б л и ц а 2.1 - Дизельгенератор ENDRESS, 4 кВТ

Напряжение	380В
Мощность (максимальная / длительная)	5,5 кВт (6,9 кВА) / 4,5 кВт (5,6 кВА)
Двигатель	YANMAR L100
Охлаждение	Воздушное
Запуск	Электрозапуск
Топливо	Дизельное
Емкость бака	5,5 л
Расход топлива	1,4 л/ч
Автономия (при 75% нагрузке)	4 ч
Габариты: Длина/Ширина/Высота	83*49*57 см
Вес	112 кг
Уровень шума	- дб на 7 м
Остановка по низкому уровню масла	+
Защита от перегрузки	+
Вольтметр	+

1) Спутниковый терминал Передатчик: SkyEdge Pro RM 1Вт, 2Вт или 4Вт Ku-Band, 2Вт или SBm C unu Ext C-Band LNB: Стандартный типа TVRO
2) Спутниковая антенная система диаметром более 1 метра + LNB Ku-band с системой автопозиционирования TrackStar 1000:

Спутниковое оборудование состоит из спутниковой антенны 1,2м, с системой автопозиционирования, установленной на крыше фургона и спутникового терминала, установленного внутри фургона. Все поставляемое активное аппаратное обеспечение соответствует основной характеристике электроснабжения - напряжение: 220 V, 50 Hz. Помещение по зрительным условиям работы относится к IV разряду (размер различаемых при работе предметов от 1 до 10 мм и выше), поэтому нормируемая освещенность равна $E_н = 300$.

Исследования, проведённые в данном разделе дипломного проекта, направлены на обеспечение оптимальных условий, режимов труда. Практическая реализация требований, изложенных в этом разделе, будет способствовать улучшению условий труда, повышению работоспособности и сохранению здоровья сотрудников компании.

Эти люди сталкиваются с воздействием таких физически опасных и вредных производственных факторов, как:

а) Влияние излучения спутникового оборудования на человека;

б) Недостаточность естественной и искусственной вентиляции рабочего места;

в) Недостаточность естественного и искусственного освещения в помещений.

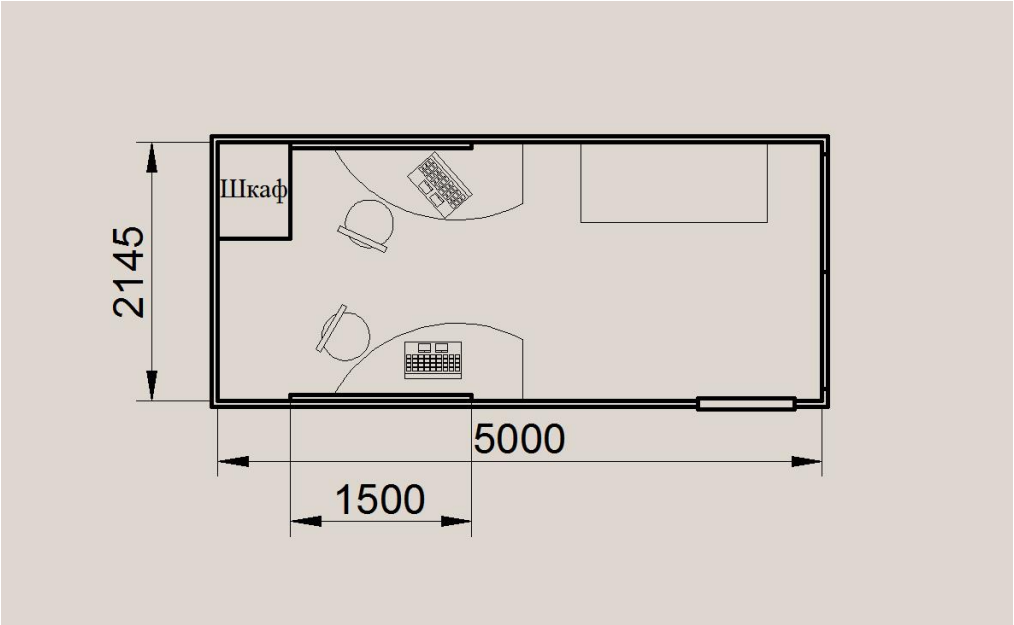

Рисунок 2.2 – План расположения оборудования в фургоне.

2.2 Анализ освещения.

В результате расчетов было выбрана система естественного освещения, включающая 2 окна, с размерами и 1,5 х 1,4м, удовлетворяющая нормальным условиям работы персонала.

Согласно СНиП РК 2.04-05-2002 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» естественное освещение характеризуется коэффициентом естественного освещения КЕО. КЕО – отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственном или после отражений), к значению наружной горизонтальной освещенности – создаваемой светом полностью открытого небосвода, %.

При боковом естественном освещении нормируется минимальное значение, при верхнем и комбинированном освещениях нормируется среднее значение КЕО.

Нормированное значение КЕО приводятся для III пояса светового климата, для остальных поясов светового климата нормированные значения КЕО определяют по формуле:

$$e_N = e_к * m_N \text{ ,(2.1)}$$

где $e_к$ – значение КЕО для IV пояса;

m_N – коэффициент светового климата.

енIV = енIII• m• c,

где енIII - значение КЕО для III пояса;
m =0,9 - коэффициент светового климата для Алматы;
c =0,75 - коэффициент солнечности климата.

ен IV = 2,0(0,9(0,75)) = 1,35

Рассчитаем площадь боковых световых проемов офиса, необходимой для создания нормируемой освещенности на рабочих местах.

Расчет естественного освещения заключается в определении площади светового проема.

При боковом освещении определяют площадь световых проемов (окон) SO, обеспечивающую нормированные значения КЕО, по формуле

$$100 \times \frac{S_0}{S_п} = \frac{e_к \times \eta_0}{\tau_0 \times r_1} \times k_{зд} \times k_з \text{ ,(2.2)}$$

Из формулы (2.2) определим площадь световых проемов:

$$S_0 = \frac{S_п \times e_к \times \eta_0 \times k_{зд} \times k_з}{100 \times \tau_0 \times r_1} \text{ , (2.3)}$$

где $S_п$ – площадь пола помещения, $м^2$;

$e_к$ – нормированное значение КЕО ;

$k_з$ – коэффициент запаса ;

$k_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями;

η_0 – Световая характеристика окон ;

τ_0 – Общий коэффициент светопропускания:

$$\tau_0 = \tau_1 \times \tau_2 \times \tau_3 ,$$

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию.

Площадь пола:

$$S_n = L \times B = 5 \times 2{,}415 = 10{,}725 м^2,$$

Определим значение КЕО по формуле (2.1):

$$e_N = e_к * m_N,$$

$$m = 0.75;$$

$e_к$ =0.9 (для работ средней точности IV разряда);

$$e_к = 0.9 * 0.75 = 0.675$$

Определим η_0. Отношение длины к глубине (т.е. наиболее удаленной точки от окна) отношение

$$\frac{L}{B} = \frac{5}{2{,}145} = 2{,}33$$

$$h_1 = h_{Н.О} - h_{Р.П.} = 2 - 0{,}8 = 1{,}2$$

Отношение

$$\frac{B}{h_1} = \frac{2{,}145}{1{,}2} = 1{,}6$$

$$\eta_0 = 16$$

В качестве светопропускающего материала используем стекло оконное листовое двойное, переплеты стальные одинарные раздельные, вид несущих покрытий – стальная ферма.

$$\tau_1 = 0.8; \tau_2 = 0.75; \tau_3 = 0.9.$$

Определим общий коэффициент светопропускания:

$$\tau_0 = \tau_1 \times \tau_2 \times \tau_3, (2.4)$$

$$\tau_0 = 0{,}8 \times 0{,}75 \times 0{,}9 = 0{,}54.$$

Средний коэффициент отражения в помещении $\rho_{ср} = 0{,}5$ принимаем одностороннее боковое освещение.

r1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещение благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя.

$$\frac{B}{h_1} = \frac{2{,}145}{1{,}2} = 1{,}7$$

$$\frac{l}{B} = \frac{1}{2{,}145} = 0{,}5$$

$$\frac{L}{B} = \frac{5}{2{,}145} = 2{,}33$$

r1 = 1,25

Принимаем значение $k_{зд} = 1{,}2$.

Подставляя все значения в формулу (2.3), получаем:

$$S_0 = \frac{10{,}725 \times 0{,}675 \times 16 \times 1{,}2 \times 1{,}4}{100 \times 0{,}54 \times 1{,}25} = 2{,}9 м^2$$

Таким образом, площадь одного светового проема составит 2,9 м^2. Общая площадь световых проёмов составит 5,8 м^2.

9.2.2 Расчет искусственного освещения

Расчет освещения производится для кузова автомобиля площадью 10,725 м^2, ширина которой 2,145 м, длина - 5 м, высота – 2 м. Воспользуемся методом светового потока. Для определения количества светильников определим световой поток, падающий на поверхность по формуле:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta} \quad ,(2.5)$$

где F - рассчитываемый световой поток, Лм;

E - нормированная минимальная освещенность, Лк (определяется по таблице). Работу операторов, в соответствии с этой таблицей, можно отнести к разряду точных работ, следовательно, минимальная освещенность будет E = 300 Лк;

S - площадь освещаемого помещения (в нашем случае S = 10,725 м^2);

Z - отношение средней освещенности к минимальной (обычно принимается равным 1,1... 1,2 , пусть Z = 1,1);

K - коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение зависит от типа помещения и характера проводимых в нем работ и в нашем случае K = 1,5);

η - коэффициент использования, (выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы; зависит от характеристик светильника, размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризуемых коэффициентами отражения от стен (P_C) и потолка ($P_П$)), значение коэффициентов P_C и $P_П$: P_C=40%, $P_П$=60%. Значение η определим по таблице коэффициентов использования различных светильников.

Для этого вычислим индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A+B)}, (2.6)$$

где A - длина помещения, A = 5 м;

B - ширина помещения, B = 2,145м.

h - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м. Вычисляется по формуле

$$h = H - h_p, (2.7)$$

где h_p - высота рабочей поверхности над полом;

H – высота помещения

$$h = 2 - 0{,}8 = 1{,}2 м$$

Подставив все значения получаем:

$$i = \frac{5 \cdot 2.145}{1{,}2(5+2{,}145)} = 1{,}25$$

Зная индекс помещения i, Pc и Pn, находим n = 0.52.

Подставим все значения в формулу для определения светового потока F:

$$F = \frac{300 \cdot 1.5 \cdot 10{,}725 \cdot 1{,}25}{0.52} = 11602 Лм$$

Для освещения выбираем люминесцентные лампы типа ЕСО 36х2, световой поток которых $F_л$ = 2120 Лм

Рассчитаем необходимое количество светильников по формуле:

$$N = \frac{F}{F_л}, (2.8)$$

где N - определяемое число ламп;

F - рассчитанный световой поток, F = 11602 Лм.

$F_л$ - номинальный световой поток лампы $F_л$ =2120 Лм

$$N = \frac{11602}{2120} = 5 \ шт,$$

Действительная освещённость:

$$E = \frac{F \cdot \eta \cdot N}{K \cdot S \cdot Z} = 2120 * 0.52 * 5 / (1{,}5 * 10{,}725 * 1{,}1) = 312 \text{ лк.}$$

Согласно нормам освещенности офисных помещений, искусственное освещение для офис общего назначения с использованием компьютеров является достаточным.

Нужно схематично представить расположение светильников. При выборе осветительных приборов используем светильники типа ОД. Каждый светильник диной 1,5м, комплектуется двумя лампами.

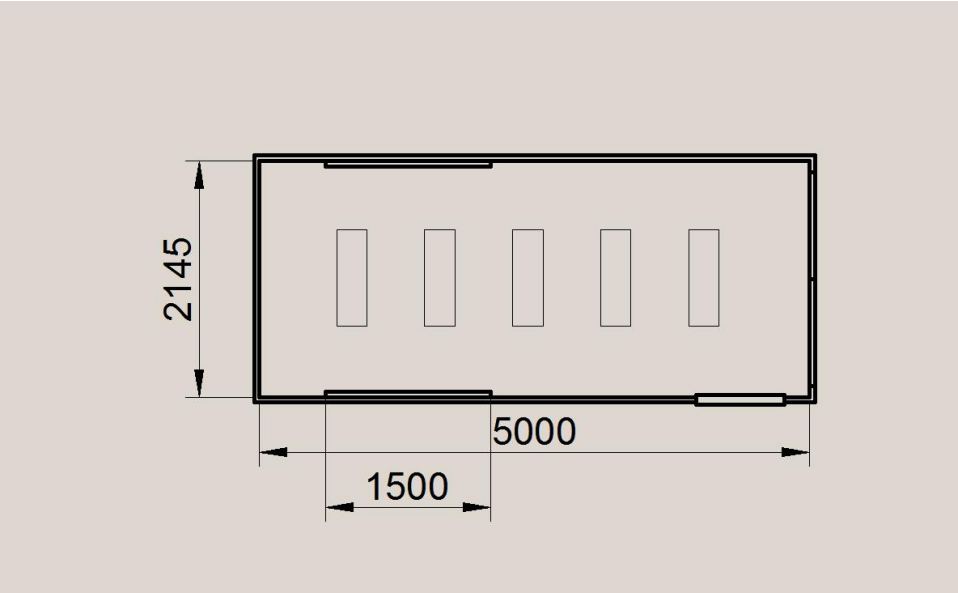

Рисунок 2.3 - Схема расположения светильников

3 Определение экономической эффективности мобильного комплекса

Целью данного дипломного проекта является проектирование мобильного комплекса информационного обслуживания на базе транспортных средств спутниковой связи.

3.1 Затраты на приобретение оборудования

Т а б л и ц а 3.1. Расчет затрат на приобретение оборудования

Наименование оборудования	Количество	Цена за единицу, тыс.тенге	Общая цена, тыс.тенге
Автомобиль ГАЗ 33081 с кунгом (включая мебель, систему электропитания)	1	19707,1424	19707,1424
Спутниковая антенная система диаметром не менее 1 метра + LNB Ku-band с системой автопозиционирования TrackStar 1000	1	6160,8	6160,8
Спутниковый терминал SkyEdge Pro RM передатчик Ku-band wavestream 10W + LNB	1	1133,24	1133,24
Стойка телекоммуникационная	1	49,0023	49,0023
ПК управления	2	157,143	314,286
Программное обеспечение для ПК	2	15,0	30,0
Дизельгенератор 4 квт ENDRESS	1	1823,124	1823,124
Сертификация оборудования	1	214,286	214,286
Расходные материалы			483,2
Прочие расходы			123,12
Итого			30038,201

3.2 Расчет эксплуатационных затрат

Расчет эксплуатационных затрат ($З_{ЭКСПЛ.}$).
Эксплуатационные расходы складываются из следующих статей:

- амортизационные отчисления ($З_{АМОРТИЗ.}$);
- затраты на материалы и запасные части ($З_{М.}$);
- затраты по труду ($З_{ТРУД.}$);
- затраты на прочие производственные и административно - хозяйственные расходы ($З_{ПРОЧ.}$);
- затраты на бензин ($З_{бенз.}$);

Амортизационные отчисления (10%)

$$З_{АМОРТИЗ.} = Зобор \cdot 0,1$$

$$З_{АМОРТИЗ.} = 30038,201 \cdot 0,1 = 3003,82 \text{ тыс. тенге}$$

Расходы на материалы и запасные части ($З_{М.}$).
Расходы на материалы и запасные части составляют 5% от стоимости оборудования:

$$З_{М.} = 30038,201*0,05 = 1501,91 \text{ тыс. тенге}$$

Затраты по труду.

При введении оборудования в эксплуатацию, в штатное расписание будут введены 2 инженера. Оклад инженера будет составлять 120 тыс. тенге. При расчете расходов по труду будет учитываться заработная плата только этих работников.

Расчёт расходов по труду проведём по формуле:

$$T = (a_{i} x m_{i})^{x} 12^{x} 1,2^{x} 1,26 ,$$

где a_i - величина оклада работника i-ой категории; m_i - число работников i-ой категории; 12 - месяцы; 1,2 - коэффициент, учитывающий премии.

$$З_{ТРУД} = (120*2)*12*1,2 = 3456 \text{ тыс.тенге}$$

$$Зп=Зтруд*qп/100$$

$$Зп=3456*0,1=345,6 \text{ тыс. тенге.}$$

$$Зсоц=(Зтруд-Зп)*q/100$$

$$Зсоц=(3110,4)*0,11=342,144 \text{ тыс. тенге,}$$

где q-11% социальный налог, qп-10% -пенсионные отчисления не входящие в социальный налог.

Прочие затраты:
административно - хозяйственные расходы (40% от затрат по труду)

$$Зхоз=0,4\ З_{ТРУД}=0,4*3456=1382,4 \text{ тыс. тенге}$$

Затраты на бензин.

В среднем за год работы машина проезжает 12000 км. Стоимость одного литра дизельного топлива составляет 92 тенге. При скорости 60 км/ч машина тратит 0,23 литра на 1 км.

$$Збенз=(12000*0,23)*92=253,92 \text{ тыс. тенге.}$$

Таким образом, общие эксплуатационные затраты складываются:

$$Зэксп=Зм+Зтруд+Зхоз+Зсоц+ Збенз + З_{АМОРТИЗ.}$$

$$З_{эксп}=1501,9 +3456+1382,4+342,144+253,92 +3003,82=9940,184 \text{ тыс. тенге}$$

3.3 Расчет экономической эффективности

Расчет затрат на экспедицию геологов в западный Казахстан, условно 1500 км. Экспедиция продлится 3 месяца.

$$Збенз=(1500*0,23)*92=31,74 \text{ тыс. тенге.}$$

В экспедиции 2 человека (1 геолог водитель, оклад 100 000тг, 1 геолог, оклад 80 000тг):

$$З_{ТРУД} = (100+80)*3*1,2 =648 \text{ тыс. тенге.}$$

$$Зп=Зтруд*qп/100$$

$$Зп=648*0,1=64,8$$

$$Зсоц=(Зтруд-Зп)*q/100$$

Зсоц=(583,2)*0,11=64,152 тыс. тенге
Зобщ=Збенз+Зтруд+Зсоц=31,74+648+64,152=743,892 тыс. тенге

Расчет затрат на экспедицию геологов в западный Казахстан без мобильного комплекса. На перевоз стационарного оборудования связи и вмещение исследовательской группы в составе 5 человек используются две легковых автомашины.

Збенз=(1500*0,17)*115*2=58,650 тыс. тенге.

В экспедиции 5 человек из них:
Начальник 120 тыс. тенге;
2 связиста 80-90 тыс. тенге;
2 геолога 80-90 тыс. тенге.

$З_{ТРУД}$ = (120+80*2 +90*2)*3*1,2 =1656 тыс. тенге.

Зп=Зтруд*qп/100

Зп=1656*0,1=165,6

Зсоц=(Зтруд-Зп)*q/100

Зсоц=(1490,4)*0,11=163,944 тыс. тенге
Зобщ=Збенз+Зтруд+Зсоц=58,650+1656+163,944=1878,594 тыс. тенге

Стоимость мобильного комплекса (условно, - М) = 30 038, 201 тыс. тг
Стоимость перевозимого стационарного комплеса (с учетом двух автомобилей) (условно, - СК) = 45 013, 4 тыс. тг

Δσ=(Зобщ.нивы-Зобщ.газ)+(СК-М)=(1878,594-743,892)+(45013,4-30038,201)=1134,702*4+14975,199=19514,007 тыс. тенге

Выбранные в дипломной работе VSAT-системы связи отличаются не только простотой в управлении, но и низкой рыночной стоимостью, в отличии от большинства стационарных систем.

Отчисления в бюджет.
От полученной прибыли необходимо выплатить КПН, который составляет 20% от общей прибыли:

$П_{20}$=$П_{ОБ}$*0,20=19514,007 *0,20=3902,802 тыс. тенге

Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия.

Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия, составляет 80% от общей прибыли:

$$П_{80} = П_{ОБ} \cdot 0{,}80 = 19514{,}007 * 0{,}80 = 15611{,}206 \text{ тыс. тенге}$$

Срок окупаемости.

Зная затраты на освоение проекта и прибыль оставшуюся у предприятия найдем срок окупаемости (эффективность проекта):

$$C_{ок} = \frac{З_{осв}}{П}$$

$$Сок = 39978{,}385 / 15611{,}206 \approx 2{,}5 \text{лет}$$

Из расчета видно, что разработанная система связи 3G окупится примерно за 2,5 года.

Из чего можно сделать вывод, что использование мобильного комплекса для связи в отдаленных местах – достаточно выгодное вложение.

Заключение

В результате проведенной работы была разработан проект мобильного комплекса информационного обслуживания на базе транспортных средств спутниковой связи.

Последние достижения технологии в области спутниковой связи говорят о больших потенциальных возможностях ССС в расширении пропускной способности каналов передачи, разработке и внедрении новых служб связи. Будущее систем спутниковой связи за широкополосными широковещательными приложениями и спутниковыми системами подвижной связи. Расчет зоны обслуживания системы радиодоступа позволяет утверждать, что требуемая дальность устойчивой связи обеспечивается. Предлагаемые в проекте мероприятия по эксплуатации и технике безопасности в обеспечиваемый безаварийный проектный срок работы оборудования позволяет свести к минимуму травматизм и несчастные случаи.

Полученные значения мощностей бортового передатчика и передатчика комплекса, при их практическом применении, обеспечат необходимое качество связи на всём участке.

В организационно-экономическом разделе определен размер капитальных вложений, срок окупаемости составил около 2,5 лет.

Приложение А

Листинг программы Pascal

```
program Koltkov_DP;
uses crt;
const pi = 3.14;
var
d,B1,F,A,U,B2,S,L1,L2,F1,F2,Lv,Lvn,eiim,P,n,G,Ld:real;
begin
clrscr;
B1:=95-76.57;
F:=cos(43.15)*cos(B1);
d:=42644*sqrt(1-0.2954*F);
writeln ('Rasstoyanie d = ',d:0:0);
B2:=95-76.57;
S:=43.15;
A:=180-arctan((sin(B2)/cos(B2))/sin(S));
writeln('Azimut = ', A:0:2);
U:=arctan((cos(B2)*cos(S)-0.15126));
U:=32.045;
writeln('Ugol mesta = ', U:0:3);
L1:=0.021;
L2:=0.027;
F1:=14029;
F2:=10977;
Lv:=20*(ln(4*pi*d/L1)/ln(10));
writeln('Zatuhanie ot Zemli do sputnika L^ = ',Lv:0:2);
Lvn:=20*(ln(4*pi*d/L2)/ln(10));
writeln('Zatuhanie ot Zemli do sputnika Lv = ',Lvn:0:2);
eiim:=50;
P:=24.1;
n:=2;
G:=eiim-p+n;
writeln('Usilenie antenny sputnika G = ',G:0:1);
Ld:=11;
writeln('Dopolnitelnoe zatuhanie Ld = ',Ld:0:1);
readln;
end.
```

Продолжение приложения А

```
Turbo Pascal
File  Edit  Search  Run  Compile  Debug  Tools  Options  Window  Help
[■] ═══ \USERS\F55F~1\DESKTOP\121_1.TXT ═══ 1=[↕]
program Koltkov_DP;
uses crt;
const pi = 3.14;
var
d,B1,F,A,U,B2,S,L1,L2,F1,F2,Lv,Lvn,eiim,P,n,G,Ld:real;
begin
clrscr;
B1:=95-76.57;
F:=cos(43.15)*cos(B1);
d:=42644*sqrt(1-0.2954*F);
writeln ('Rasstoyanie d = ',d:0:0);
B2:=95-76.57;
S:=43.15;
A:=180-arctan((sin(B2)/cos(B2))/sin(S));
writeln('Azimut = ', A:0:2);
U:=arctan((cos(B2)*cos(S)-0.15126));
U:=32.045;
writeln('Ugol mesta = ', U:0:3);
L1:=0.021;
L2:=0.027;
F1:=14029;
1:1
F1 Help  F2 Save  F3 Open  Alt+F9 Compile  F9 Make  Alt+F10 Local menu
```

Рисунок А1 – Расчеты в программе Pascal

```
Turbo Pascal
File  Edit  Search  Run  Compile  Debug  Tools  Options  Window  Help
[■] ═══ \USERS\F55F~1\DESKTOP\121_1.TXT ═══ 1=[↕]
F1:=14029;
F2:=10977;
Lv:=20*(ln(4*pi*d/L1)/ln(10));
writeln('Zatuhanie ot Zemli do sputnika L^ = ',Lv:0:2);
Lvn:=20*(ln(4*pi*d/L2)/ln(10));
writeln('Zatuhanie ot Zemli do sputnika Lv = ',Lvn:0:2);
eiim:=50;
P:=24.1;
n:=2;
G:=eiim-p+n;
writeln('Usilenie antenny sputnika G = ',G:0:1);
Ld:=11;
writeln('Dopolnitelnoe zatuhanie Ld = ',Ld:0:1);
readln;
end.
1:1
F1 Help  F2 Save  F3 Open  Alt+F9 Compile  F9 Make  Alt+F10 Local menu
```

Рисунок А2 – Расчеты в программе Pascal

Список литературы

1. Мордухович Л.Г. Системы радиосвязи: Курсовое проектирование, уч.пособие – М.: Радио и связь, 1987 – 192 с.
2. Руководство по эксплуатации системы DAMA SkyEdge. – Gilat Satellite Networks. 2005– 164 с.
3. Кантор Л.Я. Справочник по спутниковым системам связи. – М.: Радио и связь, 1997- 528 с.
4. Говорков В.А. Учебник для ВУЗов. Электрические и магнитные поля. – М.: Энергия, 1974 – 450 с.
5. Gerard Maral. VSAT Networks – John Milley & Sons Ltd, England, 2004 – 325 с.
6. Сергеев И.В. Уч. пособие. Экономика предприятия. – М.: Финансы и статистика, 1997- 455 с.
7. Анпилогов В.Р. Интерактивные сети VSAT. Обзор рынка оборудования // Технологии и средства связи. 2003, № 6, с. 12-15.
8. Анпилогов В.Р. Полнофункциональные сети VSAT. Обзор технологий и рынка оборудования // Технологии и средства связи. 2004. № 2, с. 5-8.
9. Рапионов О.С., Болдин В.Н. Экономика предприятия – М.: Радио и связь, 1998-479 с.
10. Нагинаев В.Н. Учебник для ВУЗов. Охрана труда в вычислительных центрах. – М.: Машиностроение, 1985, 320 с.
11. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1985 – 824 с.
12. Баклашов Н.И. Учебник для ВУЗов. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. – М.: Радио и связь, 1989. – 287 с.
13. Горобец А.И. Учебник для ВУЗов. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности. – Киев: Техника, 1987. – 135 с.