МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационные системы

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____
_____
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «_____» _____ 20__ г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Исследование возможности организации спутниковой системы связи по сети VSAT для энергетических комплексов РК

Специальность _____

Выполнил (а) Кудайбергенов Н.А. МТС-10-07
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Клочковская Л.П. ст. преп. Кафедры
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Бекмуева А.И., к.э.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «03» июля 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Джолдасбаев М.К., д.т.н., профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «09» июля 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
Арпохин А.В. ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «10» июля 2014 г.
(подпись)

_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____» _____ 20__ г.
(подпись)

Нормоконтролер: ст. препод ТКС Кондратьева А.Д.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «12» 06 2014 г.
(подпись)

Рецензент: _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____» _____ 20__ г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Радиотехника и связь
Специальность 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Кудайбергенов Нурбол Акылбек улы
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Исследование возможности организации спутниковой системы связи по сети VSAT для энергетических комплексов РК

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

Сеть VSAT. Космический сегмент Kazsat2. Центральная станция Астана, абонентские терминалы – областные центры. Диапазон частот Ku

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

Анализ существующей сети и постановка задачи. Выбор оборудования и проектирование сети. Энергетический расчет существующей спутниковой линии связи. Безопасность жизнедеятельности. Технико-экономическое обоснование проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Окно программы MathCAD (расчет мощности передатчика 1),
Окно программы MathCAD (расчет мощности передатчика 2),
Окно программы MathCAD (расчет мощности передатчика 3),
Окно программы MathCAD (расчет мощности передатчика 4),
Окно программы Excel (расчет эксплуатационных расходов)

Рекомендуемая основная литература

Кантор Л. Я. Справочник по спутниковым системам связи. – М.: Радио и связь, 1997 – 528 с. Дипломов В. Р. Интерактивные сети VSAT. Обзор рынка оборудования // Технологии и средства связи. 2003, №6, с. 12–15

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономич. часть	Векшева А.Ч.	13.05 – 03.06.14	
Охрана	Джебаев М.К.	17.03 – 09.06.14	
Выч. техника	Артохин А.В.	12.05 – 10.06.14	
Техническая часть	Клочковская Л.П.	24.04 – 26.05	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Спутниковые сети VSAT	24.04-29.04.14	10%
2	Наземные терминалы VSAT	25.04-03.05.14	10%
3	Топология сети	03.05-05.05.14	5%
4	семейства терминалов Sky Edge	05.05-11.05.14	5%
5	Расчет мощности	11.05-13.05.14	5%
6	Расчет дальности	11.05-13.05.14	5%
7	расчет освещения	14.03-21.03.14	5%
8	расчет пожарной безопасности	21.03-26.03.14	5%
9	энергетический комплекс РК	11.05-13.05.14	5%
10	расчет капитальных затрат	13.05-14.05.14	5%
11	расчет эксплуатационных расходов	13.05-14.05.14	10%
12	анализ условий труда	02.04-14.04.14	5%
13	маркетинг	13.05-14.05.14	5%
14	техно. освещения	02.04-14.04.14	5%
15	финансовый план	13.05-14.05.14	5%
16	Ослабление сигнала	13.05-13.05.14	10%

Дата выдачи задания «____»_____20___ г.

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

Руководитель _____ Клочковская Л.П.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Курой-берденов Н.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдапта

Бұл дипломдық жобада Қазақстан Республикасының энергетикалық комплексына VSAT спутниктық желісін ұйымдастыру сұрақтары қарастырылды.

Бұл жобада желіні таңдаудың талдауы өткізілді және құралдар тандалды. Желі ара-қашықтығының, шудың қызуының, таратқыштың күшінің есептері шығарылды.

Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінде өрт сөндіру қауыптығының есептері жүргізілді және жұмыс істеу шарттары талдалды, сонымен қатар табиғи және жасанды жарықтандырудың есептеулері жүргізілді.

Экономикалық бөлімінде капиталдық қаржы жұмсау, пайдалану шығысы және өтелімділік мерзім есептеулері жүргізілді.

Аннотация

В данной дипломной работе рассмотрены вопросы организации спутниковой связи VSAT для энергетического комплекса Республики Казахстан.

В этом проекте произведен анализ выбора связи и выбор оборудования. Произведены расчеты дальности связи, шумовых температур, мощностей передатчиков.

В разделе безопасности жизнедеятельности были выполнены расчеты пожарной безопасности, произведен анализ условий труда, а так же были осуществлены расчеты естественного и искусственного освещения.

В экономической части были осуществлены расчеты капитальных вложений и эксплуатационных расходов.

Annotation

In this research paper discussed the organization of VSAT satellite communications for the energy sector of the Republic of Kazakhstan.

This project analyzed link selection and selection of equipment. Calculations of the communication range, the noise temperature transmitter power.

In the life safety calculations were made of fire safety analysis and working conditions, as well as the calculations were made of natural and artificial lighting.

In the economic part of the calculations were carried out capital investments and operating costs.

Содержание

Введение
1 Анализ существующей сети и постановка задачи 8
1.1 Анализ существующей спутниковой сети связи 8
1.2 Сравнительный анализ спутниковых систем 9
1.3 Обзор технологии VSAT 13
1.3.2 Основные топологические схемы VSAT-сети и способы многостанционного доступа 17
2 Выбор оборудования и проектирование сети 20
2.1 Выбор оборудования 21
2.2 Архитектура ЦУС (HUB) 21
2.2.1 Краткий обзор системы 22
2.2.2 Спутниковый процессор (Hub Satellite Processor (HSP)) и шасси приемников (HRU) 23
2.2.3 Hub Satellite Processor (HSP) и HRU – DVB-RCS 23
2.2.4 Сервер протокола данных (Data Protocol Server (DPS)) 24
2.3 Удаленные терминалы 25
2.3.1 Функциональные возможности семейства терминалов SkyEdge VSAT 25
2.3.2 Основные компоновочные блоки 29
2.3.3 Межузловое соединение 30
3. Энергетический расчет существующей спутниковой линии связи 31
3.1 Особенности энергетики спутниковой линии. Цели и задачи расчета 31
4 Безопасность жизнедеятельности 50
4.1 Анализ условия труда 50
4.1.1 Краткая характеристика операторского зала 50
4.1.2. Организация рабочих мест операторов с учетом эргономических требований 51
4.1.3 Оценка микроклимата 52
4.2 Технические решение обеспечение безопасности и жизнедеятельности 54
4.2.1 Расчет искусственного освещения 54
5. Технико-экономическое обоснование проекта 59
5.1 Резюме 59
5.2 Анализ продукции 59
5.3 Маркетинговый план 60
5.4 Финансовый план 60
Заключение 68
Список использованной литературы 69
Приложение А 71
Приложение Б 75

Введение

Всем нам уже давно известны возможности и преимущества спутниковой связи. Все люди нашей планеты уже не первый год общаются друг с другом через спутники. В настоящее время спутниковая связь в Казахстане только развивается и довольно большими темпами, на сегодняшний день Казахстан запустил в космос свой спутник Kazsat3, что говорит о успешности запуска и работы Kazsat2, который был усовершенствован и переделан с учетом всех ошибок Kazsat1. В настоящее время одним из распространенных видов спутниковой системы связи на территории Казахстана является спутниковая система связи VSAT. Для построения сети нужны значительные вложения: вложения на покупку оборудования центральной/управляющей станции, громадные затраты на аренду спутникового канала, таким образом такие затраты себе могут позволить большие компании расположенные на больших расстояниях друг от друга. Так как территория Казахстана очень большая, а все энергетические станции расположены по разным точкам страны нам нужно для них выбрать оптимальный вид связи, для этого нам придется сравнить спутниковую связь с другими видами связи. Прокладка оптоволоконного кабеля для энергетического комплекса является экономически не выгодным и физически долгосрочным проектом, так как тянуть ВОЛС по всей территории Казахстана очень не выгодно. Организация радиорелейной связи для такой большой территории тоже является экономически не выгодным, так как расстояние огромное требуется больше станций, а это большие расходы, а для организации спутниковой связи нужно установить наземные терминалы в энергетических станциях и арендовать один из спутниковых каналов, этот вариант является самым оптимальным для энергетического комплекса Республики Казахстан.

1 Анализ существующей сети и постановка задачи

1.1 Анализ существующей спутниковой сети связи

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)

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.

Таблица 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
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

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

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

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.

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

Таблица 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
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

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.

Таблица 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

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.

1.3.2 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).

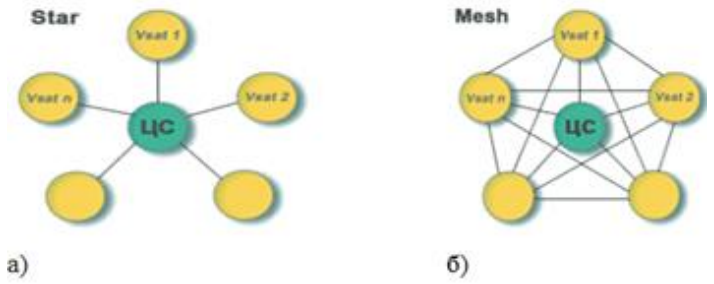


Рисунок 1.1 – Топологические схемы а)Star, б) Mesh

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;

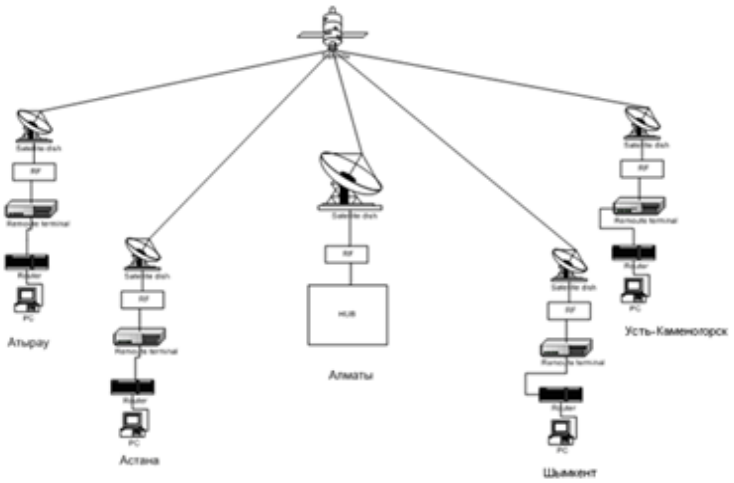
обмен платежными документами между региональными отделениями и центральным отделением банка и т.п.

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.

2. Выбор оборудования и проектирование сети

В данном проекте разрабатывается спутниковая связь для энергетического комплекса Республики Казахстан. Наземные терминалы будут располагаться в городах Актау, Алматы, Астана, Караганда, Актобе, Жезказган, Семей, Шымкент. Используются в этих городах VSAT-терминалы SkyEdge Pro. На рисунке 2.1 представлена схема.



где: RF – приемо-передающая часть;
Remoute terminal – удаленный абонентский терминал Sky Edge;
Router – маршрутизатор;
Satelite dish – спутниковая антенна;
HUB – центральная спутниковая станция.

Рисунок 2.1 - Схема построения спутниковой сети связи на технологии VSAT SkyEdge

2.1 Выбор оборудования

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.

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.

2.2 Архитектура ЦУС (HUB)

На рисунке 2.2 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.

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.

2.2.1 Краткий обзор системы

На рисунке 2.3 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).

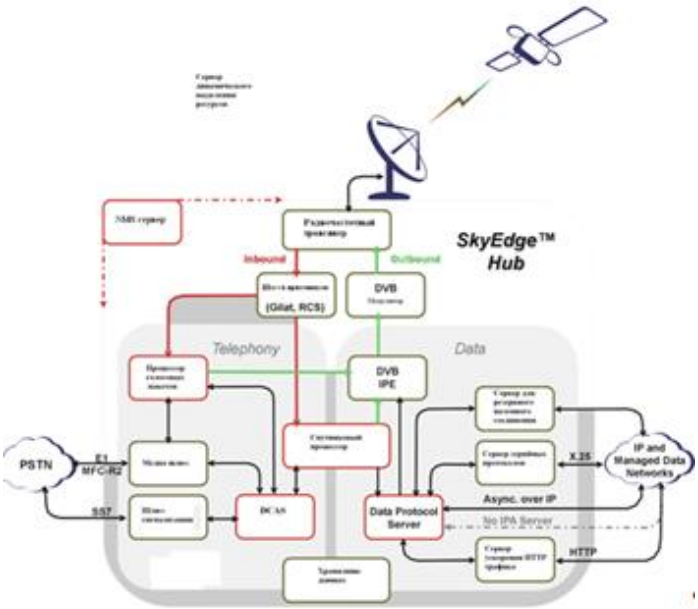


Рисунок 2.2 – Функциональная схема HUB

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.

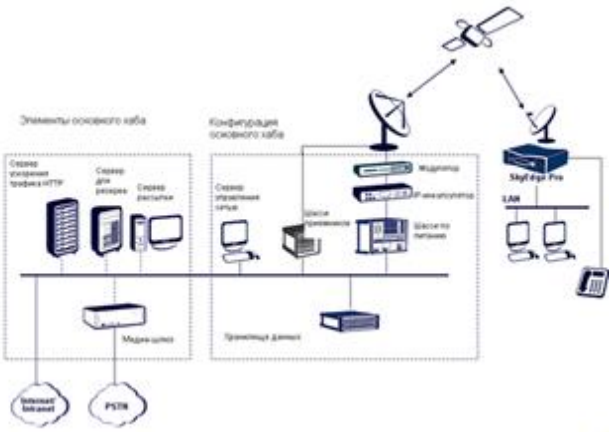


Рисунок 2.3 – Соединения ЦУС (HUB)

2.2.2 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).

2.2.3 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).

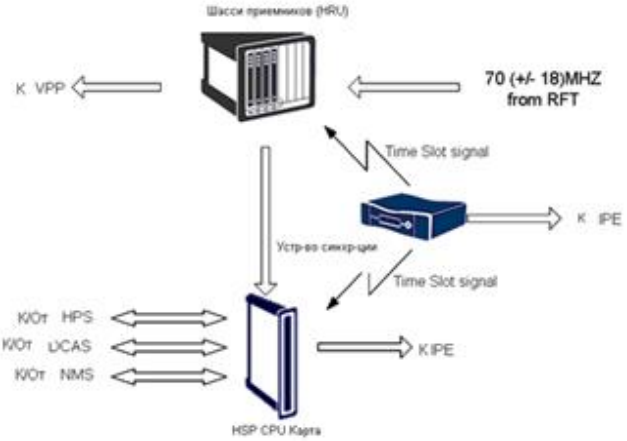


Рисунок 2.4 – Блок-диаграмма HSP

2.2.4 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.

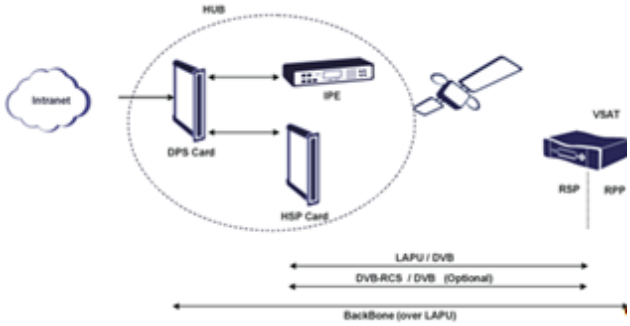


Рисунок 2.5 – Протоколы Backbone и LAPU

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).

2.3 Удаленные терминалы

2.3.1 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 2.6 – 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.

2.3.2 Основные компоновочные блоки

Удаленный терминал состоит из двух основных частей, антенны с внешним блоком (ODU) установленной на крыше, и самого терминала (VSAT) внутри здания – внутренний блок (IDU). Удаленный терминал имеет очень большое время наработки на отказ (MTBF) около 12 лет.

Весь комплект удаленного терминала работает от единственного источника электропитания, к которому подключен IDU. Стандартный блок питания установленный в IDU принимает напряжение 100-240 В переменного тока. Опционально терминал может быть укомплектован блоком питания от постоянного тока 12-24 В. Энергопотребление компонентов IDU и ODU вместе меньше 40 Ватт. Для работы от солнечных панелей, поддерживается множество режимов сокращающих энергопотребления до 20 Ватт.

Эти два компонента соединены между собой двумя кабелями с четырьмя разъемами (L – диапазон (IFL)). Соединение IFL обеспечивает подачу напряжения постоянного тока для питания ODU от IDU.

Внешнее оборудование:

Антенна диапазона Ku-band или C-band, обычно от 0.55 до 1.80 метра в диаметре;

Передатчик (Solid-state, high power converter (HPC)outdoor unit (ODU)) включающий RF электронику для передачи;

Малошумящий блок (Low-noise block converter (LNB)) для приема.

Внутреннее оборудование:

Внутренний блок (Single-board indoor unit (IDU)) включает модулятор, демодулятор и процессор, обеспечивающий LAN соединение и поддержку серийного порта, три слота расширения;

Интерфейс L-band (LNB) для приема (рисунок 2.8).

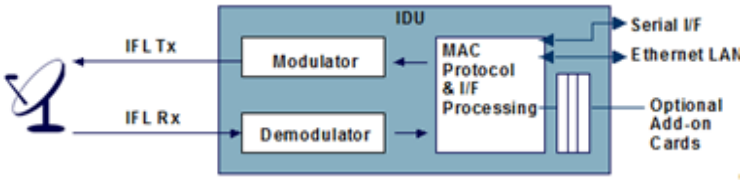


Рисунок 2.7 – Основные компоненты терминала

Карты расширения.

Семейство SkyEdge включает несколько типов терминалов. Два из них, это SkyEdge Pro и SkyEdge Gateway имеют шину расширения для добавления дополнительных функций.

Терминал SkyEdge Pro имеет три слота расширения, которые могут быть использованы для любой из следующих карт расширения: четырехпортовый LAN коммутатор, интерфейсы телефонных линий, серийный порт и карта приемник (MESH).

Терминал SkyEdge Gateway также имеет три слота расширения, которые могут быть использованы для карты E1 или MESH карты.

2.3.3 Межузловое соединение

Соединение IFL обеспечивает полнодуплексное соединение между ODU и IDU, состоящее из двух 75 Ω коаксиальных кабелей, для передачи сигналов каналов Outbound и Inbound промежуточной частоты в L-band (950 до 1700 МГц) и напряжения 22–24 Вольта постоянного тока для питания компонентов ODU.

Кабель (RG 11) используется для всех сегментов IFL -передача и прием. Допустимая длина кабеля без дополнительных устройств усиления

сигнала до 60 метров. Небольшой линейный L-band усилитель позволяет использовать стандартный кабель длиной до 300 метров.

Делитель сигнала. На удаленной станции может быть установлен пассивный делитель сигнала на приемном IFL кабеле для обеспечения опционального приема широкополосного видео или аудио сигнала, а также для опциональной MESH карты.

3. Энергетический расчет существующей спутниковой линии связи

3.1 Особенности энергетики спутниковой линии. Цели и задачи расчета

Линия спутниковой связи состоит из двух участков: Земля-спутник и спутник-Земля. Эти два участка в энергетическом плане очень 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.

Самая главная особенность спутниковых линий - наличие нормальных потерь сигнала, которые обусловлены затуханием его энергии на линиях большой протяженности. Если высота орбиты ИСЗ равна 36 тыс. км, затухание сигнала может достигать 200 дБ. Кроме 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.

Расчет дальности связи ЗС-КС-ЗС

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

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.

Алматы-Астана

Для Алматы:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 43°15' \cdot \cos(86°5' - 76°57')} = 37940\ км,$$

Для Астаны:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 51°10' \cdot \cos(86°5' - 71°31')} = 38670\ км.$$

Алматы-Астана:

D=37940+38670=76610 км

Актау-Астана

Для Актау:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 43°8' \cdot \cos(86°5' - 51°8')} = 38690\ км,$$

Актау-Астана:

D=38690+38670=77360

Караганда-Астана

Для Караганды:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 49°47' \cdot \cos(86°5' - 73°7')} = 38690\ км,$$

Караганда-Астана:

D=38630+38670=77300 км

Актобе-Астана

Для Актобе:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 50°16' \cdot \cos(86°5' - 57°13')} = 38980\ км,$$

Актобе-Астана:

D=38980+38670=77650 км

Жезказган-Астана

Для Жезказгана:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 47°47' \cdot \cos(86°5' - 67°42')} = 38470\ км,$$

Жезказган-Астана:

D=38470+38670=77140 км

Семей-Астана

Для Семея:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 50°24' \cdot \cos(86°5' - 80°13')} = 38520\ км,$$

Семей-Астана:

D=38520+38670=77190 км

Шымкент-Астана

Для Шымкента:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 42°18' \cdot \cos(86°5' - 69°36')} = 37930\ км,$$

Шымкент-Астана:

D=37930+38670=76600 км

Из данных расчетов выбираем самое минимальное и самое максимальное расстояние и сделаем для них расчеты. Самое дальнее расстояние это линия Актобе-Астана, а самое короткое расстояние Шымкент-Астана, а так же сделаем расчет для линии Алматы-Астана.

3.1.1 Исходные данные для расчета участка Алматы-Астана

Таблица 3.1 - Географическое расположение

ЗС	Алматы	Астана
Координаты		
Широта (Север)	43°15'	51°10'
Долгота (Восток)	76°57'	71°30'

Исходные данные спутниковой линии связи

Таблица 3.2 – Параметры передающей ЗС

Координаты Алматы	76°57' в.д. 43°15' с.ш.
Диапазон f, ГГц	14.15625/11.106.25
Диаметр антенны D_A, м	3
Эффективная полоса частот $\Delta f_ш$, МГц	36
Спектральная плотность мощности S, дБВт/Гц	-34
Отношение сигнал/шум $P_c/P_ш$, дБ	10
КПД АФТ	0,85

Т а б л и ц а 3.3 – Параметры приемной ЗС

Координаты Астаны	71°30' в.д. 51°10' с.ш.
Диапазон f, ГГц	14.15625/11.106.25
Диаметр антенны D_A, м	8
Эффективная полоса частот $\Delta f_ш$, МГц	54
Коэффициент шума приемника КШ	8
Шумовая температура антенны T_A, К	80
КПД АФТ	0,9

Т а б л и ц а 3.4 – Параметры бортового ретранслятора КС

Система		Ku
Координаты		86,5° в.д.
Диапазон f, ГГц		14.15625/11.106.25
Коэффициент усиления антенны G, дБ	Прием	39
	Передача	30
Спектральная плотность мощности S, дБВт/Гц		-51
Коэффициент шума приемника КШ		2
Шумовая температура антенны T_A, К		60
КПД АФТ		0,85
Шумовая температура СЛ $T_{\Sigma Л}$, К		100

3.2 Энергетический расчет участка «вверх» спутниковой линии ЗС-КС

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos\varphi}, \qquad (3.2)$$

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:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 43°15' \cdot \cos(86°5' - 76°57')} = 37940\ км,$$

3.2.1 Ослабление сигнала

$$L_0 = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2}{\lambda^2}, \qquad (3.2.1)$$

где d – расстояние между КС и ЗС;
λ – длина волны.

$$\lambda_{\downarrow} = \frac{c}{f_{\downarrow}} = \frac{3 \cdot 10^8}{14{,}15625 \cdot 10^9} = 0{,}021 м, \qquad (3.2.2)$$

$$L_{0\downarrow} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 \cdot (37940 \cdot 10^3)^2}{0{,}021^2} = 5{,}423 \cdot 10^{20}\ (207 дБ).$$

3.2.2 Дополнительное ослабление на трассе

В дополнительных потерях сигнала учитываются поглощение в атмосфере (осадки) $L_{À}$, потери из-за несогласованности поляризации антенн $L_{ï}$ и потери из-за рефракции $L_{Ð}$

$$L_{ДОП} = L_А + L_П + L_Р, \qquad (3.2.4)$$

где L_0=0,8 дБ - поглощение в осадках;
$L_{пол}$=0,9 дБ - поляризационные потери;
$L_р$=0,2 дБ - потери за счет рефракции.

$$L_{ДОП} = 0{,}8 + 0{,}9 + 0{,}2 = 1{,}9\ дБ\ (1{,}55\ раз).$$

3.2.3 Суммарная шумовая температура приемного тракта ЗС (В)

$$T_{\Sigma} = T_А + T_0 \cdot \frac{1-\eta}{\eta} + \frac{T_{Ш}}{\eta}, \qquad (3.2.5)$$

где $T_А$=60 К – шумовая температура приемной антенны;
$T_0 \approx 290$ К;
η =0.85 - КПД АФТ КС.
$К_ш$=2 - коэффициент шума приёмника КС;
$T_Ш = (K_Ш - 1) \cdot T_0$ – собственная шумовая температура приемника.

$$T_Ш = (2-1) \cdot 290 = 290\ К,$$

$$T_{\Sigma} = 60 + 290 \cdot \frac{(1-0{,}85)}{0{,}85} + \frac{290}{0{,}85} = 452{,}353\ К$$

3.2.4 Коэффициент усиления антенны ЗС

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot g \cdot D_A^2}{\lambda^2}, \qquad (3.2.6)$$

где g – коэффициент использования поверхности антенны (0,6…0,8);
D_A – диаметр антенны ЗС.

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot 0{,}8 \cdot 3^2}{0{,}021^2} = 1{,}605 * 10^5 \ (52{,}05\,дБ).$$

3.2.5 Мощность передатчика КС

$$P_{ПРД(КС)} = \frac{L_{0\downarrow} \cdot L_{ДОП} \cdot k \cdot T_{\Sigma} \cdot \Delta f_{ш.} \cdot a \cdot \left(\frac{P_C}{P_{Ш}}\right)_{\Sigma}}{G_{ПРД} \cdot G_{ПРМ} \cdot \eta_{ПРД} \cdot \eta_{ПРМ}}, \qquad (3.2.7)$$

где $\Delta f_ш$=36 МГц. – эффективная полоса частот ЗС;
а=6 дБ (3.98) – коэффициент запаса для линии «вверх»,
$\frac{P_c}{P_ш} = 10 дБ = 10 раз$
$L_{доп}$=1,9 дБ (1,55);
k=1.38*10^{-23} – постоянная Больцмана;
$G_{прм}$=39 дБ (7943 раз)
$G_{прд}$=1,603*10^5 раз

$$P_{ПРД(ЗС)} = \frac{(5{,}423 \cdot 10^{20}) \cdot 1{,}55 \cdot (1{,}38 \cdot 10^{-23}) \cdot 452{,}353 \cdot (36 \cdot 10^6) \cdot 3{,}98 \cdot 10}{1{,}605 * 10^5 \cdot 7943 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}85} =$$
$$= 8{,}16\,Вт.(8{,}97 дБВт).$$

3.2.6 Суммарная мощность шумов на входе приемника

$$P_ш = k * T_{\Sigma} * \Delta f ш, \qquad (3.2.8)$$

$P_ш$= $1{,}38 \cdot 10^{-23}$*452.353*36*10^6=22.47*10^{-14} (-126.483 дБ)

3.2.7 Уровень сигнала на входе приемника

$$Pc = \left(\frac{Pc}{Pш}\right) + P_ш, \qquad (3.2.9)$$

P_c=10-126.483=-116.483 дБ

3.3 Энергетический расчет участка «вниз» спутниковой линии КС-ЗС

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле:

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

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 Астаны:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 51°10' \cdot \cos(86°5' - 71°31')} = 38670\ км.$$

3.3.1 Ослабление сигнала

$$L_0 = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2}{\lambda^2}, \qquad (3.3.2)$$

где d – расстояние между КС и ЗС;
λ – длина волны.

$$\lambda_{\downarrow} = \frac{c}{f_{\downarrow}} = \frac{3 \cdot 10^8}{11{,}10625 \cdot 10^9} = 0{,}027\ м \qquad (3.3.3)$$

$$L_{0\downarrow} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 \cdot (38670 \cdot 10^3)^2}{0{,}027^2} = 3{,}63 \cdot 10^{20}\ (204\ дБ).$$

3.3.2 Дополнительное ослабление на трассе

В дополнительных потерях сигнала учитываются поглощение в атмосфере (осадки) $L_{А}$, потери из-за несогласованности поляризации антенн $L_{П}$ и потери из-за рефракции $L_{Р}$

$$L_{ДОП} = L_А + L_П + L_Р, \qquad (3.3.4)$$

где L_0=0,8 дБ - поглощение в осадках;
$L_{пол}$=0,9 дБ - поляризационные потери;
$L_р$=0,2 дБ - потери за счет рефракции.

$$L_{ДОП} = 0{,}8 + 0{,}9 + 0{,}2 = 1{,}9\ дБ\ (1{,}55\ раз).$$

3.3.3 Суммарная шумовая температура приемного тракта ЗС (В)

$$T_{\Sigma} = T_А + T_0 \cdot \frac{1-\eta}{\eta} + \frac{T_{Ш}}{\eta}, \qquad (3.3.5)$$

где T_A=80 К – шумовая температура приемной антенны;
$T_0 \approx 290$ К;
η =0.9 - КПД АФТ ЗС.
$K_ш$=8 - коэффициент шума приёмника ЗС;
$T_Ш = (K_Ш - 1) \cdot T_0$ – собственная шумовая температура приемника.

$$T_Ш = (8-1) \cdot 290 = 2030 \text{ К},$$
$$T_\Sigma = 80 + 290 \cdot \frac{(1-0{,}9)}{0{,}9} + \frac{2030}{0{,}9} = 2368 \text{ К}$$

3.3.4 Коэффициент усиления антенны ЗС

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot g \cdot D_A^2}{\lambda^2}, \qquad (3.3.6)$$

где g – коэффициент использования поверхности антенны (0,6…0,8);
D_A – диаметр антенны ЗС.

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot 0{,}8 \cdot 8^2}{0{,}027^2} = 7{,}027 * 10^5 \ (58{,}46 \text{ дБ}).$$

3.3.5 Мощность передатчика КС

$$P_{ПРД(КС)} = \frac{L_{0\downarrow} \cdot L_{ДОП} \cdot k \cdot T_\Sigma \cdot \Delta f_{ш.} \cdot b \cdot \left(\frac{P_C}{P_Ш}\right)_\Sigma}{G_{ПРД} \cdot G_{ПРМ} \cdot \eta_{ПРД} \cdot \eta_{ПРМ}}, \qquad (3.3.7)$$

где $\Delta f_ш$ =54 МГц. – эффективная полоса частот ЗС;
b=1.2 дБ (1.32) – коэффициент запаса для линии «вверх»,
$\frac{P_c}{P_ш} = 10 дБ = 10 раз$
$L_{доп}$=1,9 дБ (1,55);
k=1.38*10^{-23} – постоянная Больцмана;
$G_{прм}$= 7,017*10^5 раз
$G_{прд}$=1000 раз

$$P_{ПРД(КС)} = \frac{(3.63 \cdot 10^{20}) \cdot 1{,}55 \cdot (1{,}38 \cdot 10^{-23}) \cdot 2368 \cdot (54 \cdot 10^6) \cdot 1{,}32 \cdot 10}{1000 \cdot 7{,}037 * 10^5 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}9} =$$
$$= 21.392 Вт. (11{,}3 дБВт).$$

Согласно параметрам Казсат-2 мощность передатчика не должен превышать 45 Вт. По расчетам видно, что в данной работе мощность передатчика не превышает допустимого значения и даже имеет запас.

3.3.6 Суммарная мощность шумов на входе приемника

$$P_ш = k * T_\Sigma * \Delta f ш, \quad (3.3.8)$$

$$P_ш = 1{,}38 \cdot 10^{-23} * 2368 * 54 * 10^{6} = 1{,}764 * 10^{-12} \text{ (-117.535 дБ)}$$

3.3.7 Уровень сигнала на входе приемника

$$Pc = \left(\frac{Pc}{Pш}\right) + P_ш, \quad (3.3.9)$$

$$P_c = 10 - 117{,}535 = -107.535 \text{ дБ}$$

Исходные данные для расчета участка Актобе-Астана

Таблица 3.5 - Географическое расположение

ЗС	Актобе	Астана
Координаты		
Широта (Север)	50°16'	51°10'
Долгота (Восток)	57°13'	71°30'

Исходные данные спутниковой линии связи

Таблица 3.6 – Параметры передающей ЗС

Координаты Актобе	57°13' в.д. 50°16' с.ш.
Диапазон f, ГГц	14.15625/11.106.25
Диаметр антенны D_A, м	3
Эффективная полоса частот $\Delta f_ш$, МГц	36
Спектральная плотность мощности S, дБВт/Гц	-34
Отношение сигнал/шум $P_c/P_ш$, дБ	10
КПД АФТ	0,85

Т а б л и ц а 3.7 – Параметры приемной ЗС

Координаты Астаны	71°30' в.д. 51°10' с.ш.
Диапазон f, ГГц	14.15625/11.106.25
Диаметр антенны D_A, м	8
Эффективная полоса частот $\Delta f_ш$, МГц	54
Коэффициент шума приемника КШ	8
Шумовая температура антенны T_A, К	80
КПД АФТ	0,9

Т а б л и ц а 3.8 – Параметры бортового ретранслятора КС

Система		Ku
Координаты		86,5° в.д.
Диапазон f, ГГц		14.15625/11.106.25
Коэффициент усиления антенны G, дБ	Прием	39
	Передача	30
Спектральная плотность мощности S, дБВт/Гц		-51
Коэффициент шума приемника КШ		2
Шумовая температура антенны T_A, К		60
КПД АФТ		0,85
Шумовая температура СЛ $T_{ΣЛ}$, К		100

3.4 Энергетический расчет участка «вверх» спутниковой линии ЗС-КС

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле:

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

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 Актобе:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 50°16' \cdot \cos(86°5' - 51°13')} = 38980\ км,$$

3.4.1 Ослабление сигнала

$$L_0 = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2}{\lambda^2}, \qquad (3.4.2)$$

где d – расстояние между КС и ЗС;
λ – длина волны.

$$\lambda_{\downarrow} = \frac{c}{f_{\downarrow}} = \frac{3 \cdot 10^8}{14{,}15625 \cdot 10^9} = 0{,}021 м, \qquad (3.4.3)$$

$$L_{0\downarrow} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 \cdot (38980 \cdot 10^3)^2}{0{,}021^2} = 5{,}183 \cdot 10^{20}\ (207 дБ).$$

3.4.2 Дополнительное ослабление на трассе

В дополнительных потерях сигнала учитываются поглощение в атмосфере (осадки) $L_{À}$, потери из-за несогласованности поляризации антенн $L_{ï}$ и потери из-за рефракции $L_{Ð}$

$$L_{ДОП} = L_А + L_П + L_Р, \qquad (3.4.4)$$

где L_0=0,8 дБ - поглощение в осадках;
$L_{пол}$=0,9 дБ - поляризационные потери;
$L_р$=0,2 дБ - потери за счет рефракции.

$$L_{ДОП} = 0{,}8 + 0{,}9 + 0{,}2 = 1{,}9\ дБ\ (1{,}55\ раз).$$

3.4.3 Суммарная шумовая температура приемного тракта ЗС (В)

$$T_{\Sigma} = T_А + T_0 \cdot \frac{1-\eta}{\eta} + \frac{T_{Ш}}{\eta}, \qquad (3.4.5)$$

где $T_А$=60 К – шумовая температура приемной антенны;
$T_0 \approx 290$ К;
η =0.85 - КПД АФТ КС.
$К_ш$=2 - коэффициент шума приёмника КС;
$T_Ш = (K_Ш - 1) \cdot T_0$ – собственная шумовая температура приемника.

$$T_Ш = (2-1) \cdot 290 = 290\ К,$$

$$T_{\Sigma} = 60 + 290 \cdot \frac{(1-0{,}85)}{0{,}85} + \frac{290}{0{,}85} = 452{,}353\ К$$

3.4.4 Коэффициент усиления антенны ЗС

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot g \cdot D_A^2}{\lambda^2}, \qquad (3.4.6)$$

где g – коэффициент использования поверхности антенны (0,6…0,8);
D_A – диаметр антенны ЗС.

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot 0{,}8 \cdot 3^2}{0{,}021^2} = 1{,}605 * 10^5 \ (52{,}05\,дБ).$$

3.4.5 Мощность передатчика КС

$$P_{ПРД(КС)} = \frac{L_{0\downarrow} \cdot L_{ДОП} \cdot k \cdot T_{\Sigma} \cdot \Delta f_{ш.} \cdot a \cdot \left(\frac{P_C}{P_{Ш}}\right)_{\Sigma}}{G_{ПРД} \cdot G_{ПРМ} \cdot \eta_{ПРД} \cdot \eta_{ПРМ}}, \qquad (3.4.7)$$

где $\Delta f_ш$=36 МГц. – эффективная полоса частот ЗС;
а=6 дБ (3.98) – коэффициент запаса для линии «вверх»,
$\frac{P_c}{P_ш} = 10 дБ = 10 раз$
$L_{доп}$=1,9 дБ (1,55);
k=1.38*10^{-23} – постоянная Больцмана;
$G_{прм}$=39 дБ (7943 раз)
$G_{прд}$=1,605*10^5 раз

$$P_{ПРД(ЗС)} = \frac{(5{,}183 \cdot 10^{20}) \cdot 1{,}55 \cdot (1{,}38 \cdot 10^{-23}) \cdot 452{,}353 \cdot (36 \cdot 10^6) \cdot 3{,}98 \cdot 10}{1{,}605 * 10^5 \cdot 7943 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}85} =$$
$$= 7{,}799\,Вт.(8{,}91 дБВт).$$

3.4.6 Суммарная мощность шумов на входе приемника

$$P_ш = k * T_{\Sigma} * \Delta f ш, \qquad (3.4.8)$$

$P_ш$= $1{,}38 \cdot 10^{-23}$*452.353*36*10^6=22.47*10^{-14} (-126.483 дБ)

3.4.7 Уровень сигнала на входе приемника

$$Pc = \left(\frac{Pc}{Pш}\right) + P_ш, \qquad (3.4.9)$$

P_c=10-126.483=-116.483 дБ

3.5 Энергетический расчет участка «вниз» спутниковой линии КС-ЗС

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле:

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

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 Астаны:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 51°10' \cdot \cos(86°5' - 71°31')} = 38670\ км.$$

3.5.1 Ослабление сигнала

$$L_0 = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2}{\lambda^2}, \qquad (3.5.2)$$

где d – расстояние между КС и ЗС;
λ – длина волны.

$$\lambda_{\downarrow} = \frac{c}{f_{\downarrow}} = \frac{3 \cdot 10^8}{11{,}10625 \cdot 10^9} = 0{,}027\ м, \qquad (3.5.3)$$

$$L_{0\downarrow} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 \cdot (38670 \cdot 10^3)^2}{0{,}027^2} = 3{,}63 \cdot 10^{20}\ (204\ дБ).$$

3.5.2 Дополнительное ослабление на трассе

В дополнительных потерях сигнала учитываются поглощение в атмосфере (осадки) $L_{À}$, потери из-за несогласованности поляризации антенн $L_{Ï}$ и потери из-за рефракции $L_{Ð}$

$$L_{ДОП} = L_A + L_П + L_Р, \qquad (3.5.4)$$

где L_0=0,8 дБ - поглощение в осадках;
$L_{пол}$=0,9 дБ - поляризационные потери;
$L_р$=0,2 дБ - потери за счет рефракции.

$$L_{ДОП} = 0{,}8 + 0{,}9 + 0{,}2 = 1{,}9\ дБ\ (1{,}55\ раз).$$

3.5.3 Суммарная шумовая температура приемного тракта ЗС (В)

$$T_{\Sigma} = T_A + T_0 \cdot \frac{1-\eta}{\eta} + \frac{T_{Ш}}{\eta}, \qquad (3.5.5)$$

где T_A=80 К – шумовая температура приемной антенны;
$T_0 \approx 290$ К;
η =0.9 - КПД АФТ ЗС.
$K_ш$=8 - коэффициент шума приёмника ЗС;
$T_Ш = (K_Ш - 1) \cdot T_0$ – собственная шумовая температура приемника.

$$T_Ш = (8-1) \cdot 290 = 2030 \text{ К},$$
$$T_\Sigma = 80 + 290 \cdot \frac{(1-0{,}9)}{0{,}9} + \frac{2030}{0{,}9} = 2368 \text{ К}$$

3.5.4 Коэффициент усиления антенны ЗС

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot g \cdot D_A^2}{\lambda^2}, \qquad (3.5.6)$$

где g – коэффициент использования поверхности антенны (0,6…0,8);
D_A – диаметр антенны ЗС.

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot 0{,}8 \cdot 8^2}{0{,}027^2} = 7{,}027 * 10^5 \ (58{,}46 \text{ дБ}).$$

3.5.5 Мощность передатчика КС

$$P_{ПРД(КС)} = \frac{L_{0\downarrow} \cdot L_{ДОП} \cdot k \cdot T_\Sigma \cdot \Delta f_{ш.} \cdot b \cdot \left(\frac{P_C}{P_Ш}\right)_\Sigma}{G_{ПРД} \cdot G_{ПРМ} \cdot \eta_{ПРД} \cdot \eta_{ПРМ}}, \qquad (3.5.7)$$

где $\Delta f_ш$ =54 МГц. – эффективная полоса частот ЗС;
b=1.2 дБ (1.32) – коэффициент запаса для линии «вверх»,
$\frac{P_c}{P_ш} = 10 дБ = 10 раз$
$L_{доп}$=1,9 дБ (1,55);
k=1.38*10^{-23} – постоянная Больцмана;
$G_{прм}$= 7,027 *10^5 раз
$G_{прд}$=1000 раз

$$P_{ПРД(ЗС)} = \frac{(3.63 \cdot 10^{20}) \cdot 1{,}55 \cdot (1{,}38 \cdot 10^{-23}) \cdot 2368 \cdot (54 \cdot 10^6) \cdot 1{,}32 \cdot 10}{1000 \cdot 7{,}027 * 10^5 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}9} =$$
$$= 21.39 Вт. (11{,}3 дБВт).$$

Согласно параметрам Казсат-2 мощность передатчика не должен превышать 45 Вт. По расчетам видно, что в данной работе мощность передатчика не превышает допустимого значения и даже имеет запас.

3.5.6 Суммарная мощность шумов на входе приемника

$$P_ш = k * T_\Sigma * \Delta f ш, \quad (3.5.8)$$

$$P_ш = 1{,}38 \cdot 10^{-23} * 2368 * 54 * 10^{6} = 1{,}764 * 10^{-12} \text{ (-117.535 дБ)}$$

3.5.7 Уровень сигнала на входе приемника

$$Pc = \left(\frac{Pc}{Pш}\right) + P_ш, \quad (3.5.9)$$

$$P_c = 10 - 117{,}535 = -107.535 \text{ дБ}$$

Исходные данные для расчета участка Шымкент-Астана

Таблица 3.9 - Географическое расположение

ЗС Координаты	Шымкент	Астана
Широта (Север)	42°18'	51°10'
Долгота (Восток)	69°36'	71°30'

Исходные данные спутниковой линии связи

Таблица 3.10 – Параметры передающей ЗС

Координаты Шымкента	69°36' в.д. 42°18' с.ш.
Диапазон f, ГГц	14.15625/11.106.25
Диаметр антенны D_A, м	3
Эффективная полоса частот $\Delta f_ш$, МГц	36
Спектральная плотность мощности S, дБВт/Гц	-34
Отношение сигнал/шум $P_c/P_ш$, дБ	10
КПД АФТ	0,85

Т а б л и ц а 3.11 – Параметры приемной ЗС

Координаты Астаны	71°30' в.д. 51°10' с.ш.
Диапазон f, ГГц	14.15625/11.106.25
Диаметр антенны D_A, м	8
Эффективная полоса частот $\Delta f_ш$, МГц	54
Коэффициент шума приемника КШ	8
Шумовая температура антенны T_A, К	80
КПД АФТ	0,9

Т а б л и ц а 3.12 – Параметры бортового ретранслятора КС

Система		Ku
Координаты		86,5° в.д.
Диапазон f, ГГц		14.15625/11.106.25
Коэффициент усиления антенны G, дБ	Прием	39
	Передача	30
Спектральная плотность мощности S, дБВт/Гц		-51
Коэффициент шума приемника КШ		2
Шумовая температура антенны T_A, К		60
КПД АФТ		0,85
Шумовая температура СЛ $T_{\Sigma л}$, К		100

3.6 Энергетический расчет участка «вверх» спутниковой линии ЗС-КС

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле:

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

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 Шымкента:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 42°18' \cdot \cos(86°5' - 69°36')} = 37930 \text{ км},$$

3.6.1 Ослабление сигнала

$$L_0 = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2}{\lambda^2}, \qquad (3.6.1)$$

где d – расстояние между КС и ЗС;

λ – длина волны.

$$\lambda_{\downarrow} = \frac{c}{f_{\downarrow}} = \frac{3 \cdot 10^8}{14{,}15625 \cdot 10^9} = 0{,}021 м, \qquad (3.6.2)$$

$$L_{0\downarrow} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 \cdot (37930 \cdot 10^3)^2}{0{,}021^2} = 5{,}254 \cdot 10^{20} \ (207 дБ).$$

3.6.2 Дополнительное ослабление на трассе

В дополнительных потерях сигнала учитываются поглощение в атмосфере (осадки) $L_{А}$, потери из-за несогласованности поляризации антенн $L_{ї}$ и потери из-за рефракции $L_{Ð}$

$$L_{ДОП} = L_А + L_П + L_Р, \qquad (3.6.4)$$

где L_0=0,8 дБ - поглощение в осадках;
$L_{пол}$=0,9 дБ - поляризационные потери;
$L_р$=0,2 дБ - потери за счет рефракции.

$$L_{ДОП} = 0{,}8 + 0{,}9 + 0{,}2 = 1{,}9 дБ (1{,}55 раз).$$

3.6.3 Суммарная шумовая температура приемного тракта ЗС (В)

$$T_{\Sigma} = T_А + T_0 \cdot \frac{1-\eta}{\eta} + \frac{T_{Ш}}{\eta}, \qquad (3.6.5)$$

где $T_А$=60 К – шумовая температура приемной антенны;
T_0≈290 К;
η =0.85 - КПД АФТ КС.
$К_ш$=2 - коэффициент шума приёмника КС;
$T_Ш = (К_Ш - 1) \cdot T_0$ – собственная шумовая температура приемника.

$$T_Ш = (2-1) \cdot 290 = 290 \ К,$$

$$T_{\Sigma} = 60 + 290 \cdot \frac{(1-0{,}85)}{0{,}85} + \frac{290}{0{,}85} = 452{,}353 \ К$$

3.6.4 Коэффициент усиления антенны ЗС

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot g \cdot D_А^2}{\lambda^2}, \qquad (3.6.6)$$

где g – коэффициент использования поверхности антенны (0,6…0,8);
$D_А$ – диаметр антенны ЗС.

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot 0{,}8 \cdot 3^2}{0{,}021^2} = 1{,}605 * 10^5 \ (52{,}05 дБ).$$

3.6.5 Мощность передатчика КС

$$P_{ПРД(КС)} = \frac{L_{0\downarrow} \cdot L_{ДОП} \cdot k \cdot T_{\Sigma} \cdot \Delta f_{ш.} \cdot a \cdot \left(\frac{P_C}{P_Ш}\right)_{\Sigma}}{G_{ПРД} \cdot G_{ПРМ} \cdot \eta_{ПРД} \cdot \eta_{ПРМ}}, \qquad (3.6.7)$$

где $\Delta f_ш$=36 МГц. – эффективная полоса частот ЗС;
а=6 дБ (3.98) – коэффициент запаса для линии «вверх»,
$\frac{P_c}{P_ш} = 10 дБ = 10 раз$
$L_{доп}$=1,9 дБ (1,55);
k=1.38*10^{-23} – постоянная Больцмана;
$G_{прм}$=39 дБ (7943 раз)
$G_{прд}$=1,605*10^5 раз

$$P_{ПРД(ЗС)} = \frac{(5{,}183 \cdot 10^{20}) \cdot 1{,}55 \cdot (1{,}38 \cdot 10^{-23}) \cdot 452{,}353 \cdot (36 \cdot 10^6) \cdot 3{,}98 \cdot 10}{1{,}605 * 10^5 \cdot 7943 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}85} =$$
$$= 7{,}9\, Вт. (8{,}95 дБВт).$$

3.6.6 Суммарная мощность шумов на входе приемника

$$P_ш = k * T_{\Sigma} * \Delta f ш, \qquad (3.6.8)$$

$P_ш$= $1{,}38 \cdot 10^{-23}$*452.353*36*10^6=22.47*10^{-14} (-126.483 дБ)

3.6.7 Уровень сигнала на входе приемника

$$Pc = \left(\frac{Pc}{Pш}\right) + P_ш, \qquad (3.6.9)$$

P_c=10-126.483=-116.483 дБ

3.7 Энергетический расчет участка «вниз» спутниковой линии КС-ЗС

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле:

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

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 Астаны:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 51°10' \cdot \cos(86°5' - 71°31')} = 38670\ км.$$

3.7.1 Ослабление сигнала

$$L_0 = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2}{\lambda^2}, \qquad (3.7.2)$$

где d – расстояние между КС и ЗС;
λ – длина волны.

$$\lambda_{\downarrow} = \frac{c}{f_{\downarrow}} = \frac{3 \cdot 10^8}{11{,}10625 \cdot 10^9} = 0{,}027\,м, \qquad (3.7.3)$$

$$L_{0\downarrow} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 \cdot (38670 \cdot 10^3)^2}{0{,}027^2} = 3{,}63 \cdot 10^{20}\ (204\,дБ).$$

3.7.2 Дополнительное ослабление на трассе

В дополнительных потерях сигнала учитываются поглощение в атмосфере (осадки) $L_{À}$, потери из-за несогласованности поляризации антенн $L_{Ï}$ и потери из-за рефракции $L_{Ð}$

$$L_{ДОП} = L_A + L_П + L_Р, \qquad (3.7.4)$$

где L_0=0,8 дБ - поглощение в осадках;
$L_{пол}$=0,9 дБ - поляризационные потери;
$L_р$=0,2 дБ - потери за счет рефракции.

$$L_{ДОП} = 0{,}8 + 0{,}9 + 0{,}2 = 1{,}9\,дБ\,(1{,}55\,раз).$$

3.7.3 Суммарная шумовая температура приемного тракта ЗС (В)

$$T_{\Sigma} = T_A + T_0 \cdot \frac{1-\eta}{\eta} + \frac{T_{Ш}}{\eta}, \qquad (3.7.5)$$

где T_A=80 К – шумовая температура приемной антенны;
$T_0 \approx 290$ К;
η =0.9 - КПД АФТ ЗС.
$K_ш$=8 - коэффициент шума приёмника ЗС;
$T_Ш = (K_Ш - 1) \cdot T_0$ – собственная шумовая температура приемника.

$$T_Ш = (8-1) \cdot 290 = 2030\ К,$$

$$T_{\Sigma} = 80 + 290 \cdot \frac{(1-0{,}9)}{0{,}9} + \frac{2030}{0{,}9} = 2368\ К$$

3.7.4 Коэффициент усиления антенны ЗС

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot g \cdot D_A^2}{\lambda^2}, \qquad (3.7.6)$$

где g – коэффициент использования поверхности антенны (0,6…0,8);

D_A – диаметр антенны ЗС.

$$G_{ЗС} = \frac{10 \cdot 0{,}8 \cdot 8^2}{0{,}027^2} = 7{,}027 * 10^5 \ (58{,}46\,дБ).$$

3.7.5 Мощность передатчика КС

$$P_{ПРД(КС)} = \frac{L_{0\downarrow} \cdot L_{ДОП} \cdot k \cdot T_{\Sigma} \cdot \Delta f_{ш.} \cdot b \cdot \left(\frac{P_C}{P_Ш}\right)_{\Sigma}}{G_{ПРД} \cdot G_{ПРМ} \cdot \eta_{ПРД} \cdot \eta_{ПРМ}}, \qquad (3.7.7)$$

где $\Delta f_ш$ =54 МГц. – эффективная полоса частот ЗС;
b=1.2 дБ (1.32) – коэффициент запаса для линии «вверх»,
$\frac{P_c}{P_ш} = 10 дБ = 10 раз$
$L_{доп}$=1,9 дБ (1,55);
k=1.38*10^{-23} – постоянная Больцмана;
$G_{прм}$= $7{,}027 * 10^5$ раз
$G_{прд}$=1000 раз

$$P_{ПРД(ЗС)} = \frac{(3.63 \cdot 10^{20}) \cdot 1{,}55 \cdot (1{,}38 \cdot 10^{-23}) \cdot 2368 \cdot (54 \cdot 10^6) \cdot 1{,}32 \cdot 10}{1000 \cdot 7{,}027 * 10^5 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}9} =$$
$$= 21.39 Вт. (11{,}3 дБВт).$$

Согласно параметрам Казсат-2 мощность передатчика не должен превышать 45 Вт. По расчетам видно, что в данной работе мощность передатчика не превышает допустимого значения и даже имеет запас.

3.7.6 Суммарная мощность шумов на входе приемника

$$P_ш = k * T_{\Sigma} * \Delta f ш, \qquad (3.7.8)$$

$P_ш$= $1{,}38 \cdot 10^{-23}$*2368*54*10^6=1,764*10^{-12} (-117.535 дБ)

3.7.7 Уровень сигнала на входе приемника

$$Pc = \left(\frac{Pc}{Pш}\right) + P_ш, \qquad (3.7.9)$$

P_c=10-117,535=-107.535 дБ

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условия труда

4.1.1 Краткая характеристика операторского зала

В проекте рассматривается проектирование спутниковой системы связи по технологии VSAT для энергетического комплекса Казахстана.

Оборудование станции расположено в двухэтажном здании, антенна расположена на крыше здания, автозал, помещение с выпрямительным оборудованием и оборудованием бесперебойного питания расположены на втором этаже, операторская комната располагаются в соседней комнате. Автозал занимает половину этажа, помимо станционного оборудования, монтированного в штативы и климатических установок, там же находится оборудование бесперебойного питания фирмы ERICSSON, выпрямительное оборудование и трансформатор, монтированы в один шкаф. В данном разделе рассматриваются вопросы естественного и искусственного освещения, вентиляции и пожаробезопасности для помещения операторской, так как основную часть времени персонал находится именно там, в автозал дежурный заходит дважды в сутки, чтобы снять отчет о работе оборудования, отчет фиксируется на магнитные носители и сдается в архив.

Работа операторов связана с компьютером. Это имеет и определенные к психофизическим возможностям человека – оператора – он отвечает за эффективность функционирования системы, в том числе и в экстремальных ситуациях. Кроме того, для операторской деятельности характерным является снижение двигательной активности в процессе труда, что влияет на здоровье работающих. Так же оператор воспринимает и удерживает в памяти и перерабатывает значительную по объему информацию, принимает решение и управляет состоянием системы, т.е. содержание трудовой деятельности составляют умственные, психические процессы – активное восприятие, запоминание, мышление.

Режим труда операторов организован в три или две смены по 8 или 12 часов соответственно. При круглосуточном сменном режиме труда перерывы для приема пищи и кратковременного отдыха не регламентированы и входят в рабочее время.

План размещения оборудования в помещении автозала показан на рисунке 4.1: длина А=8м, ширина зала В=4 м, высота Н=3 м. Высота рабочей поверхности над уровнем пола 0,8 м, окна начинаются с высоты 1 м, высота окон 1,5 м.

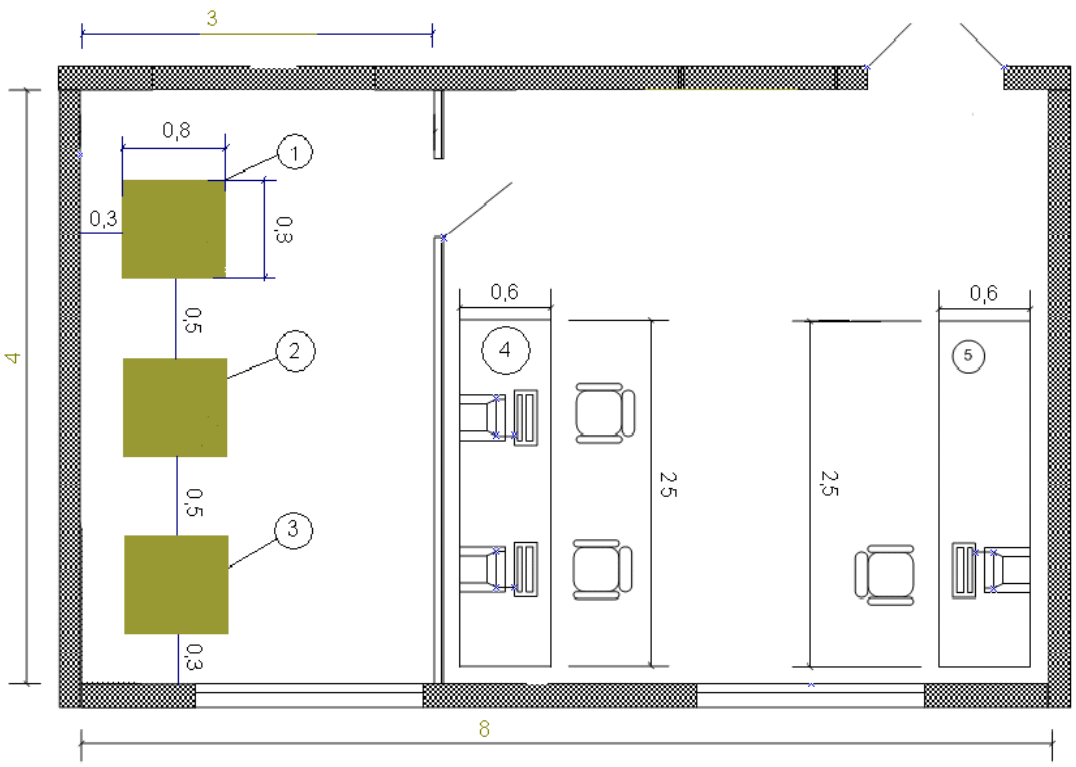


Рисунок 4.1 – План автозала

где 1 – стойка №1

2 – стойка №2

3 – серверный шкаф;

4,5 – места оператора (стол, ПК, стул).

4.1.2. Организация рабочих мест операторов с учетом эргономических требований

Организацию рабочих мест осуществляем на основе современных эргономических требований [1]. Конструкция рабочей мебели (столы и кресла) обеспечивает возможность индивидуальной регулировки соответственно росту работающего и создает удобную позу. Часто используемые предметы труда и органы управления находятся в оптимальной рабочей зоне .

Рабочее место для выполнения работы в положении сидя соответствует требованиям ГОСТа (ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»). В процессе работы оператор находится в положении, показанном на рисунке 4.2.

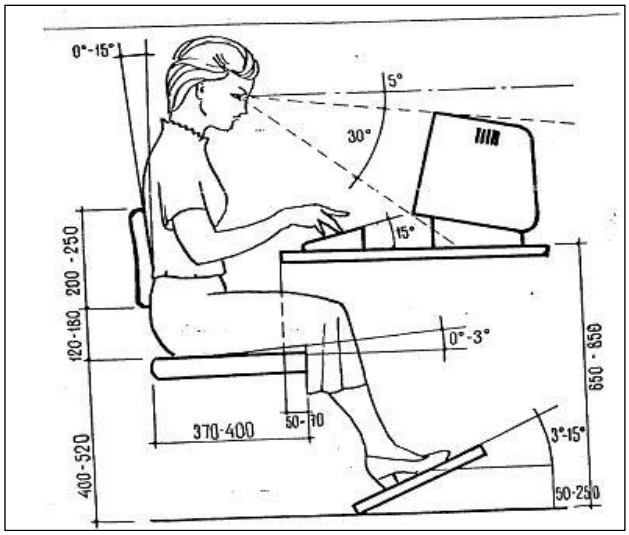


Рисунок 4.2 – Параметры рабочей мебели для оператора (в мм и градусах)

В операторском зале находится 3 работника, на одного человека приходится не менее 6,5 м^2 площади помещения. Наш зал имеет площадь 32 м^2, из них 2 м^2 занимают шкафы оборудования, значит на одного работника приходится 10 м^2 площади помещения.

4.1.3 Оценка микроклимата

Условия работы оператора во многом зависят от микроклимата в помещении операторного зала.

Микроклимат на производстве оценивается в рабочей зоне, т.е. пространстве высотой до 2 м., над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих Влажность воздуха определяется содержанием в нем водяных паров [1].

Для комнаты оператора приведены (таблица 4.1) оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха с учетом периода года и категории работ.

Таблица 4.1 – Оптимальные параметры микроклимата

Норма	Оптимальные параметры		
Период работы	температура воздуха ^{0}С	относительная влажность %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	21 – 25	30 - 60	0,1
Теплый	22 - 26	40 - 60	0,1

В холодные периоды года температура воздуха, скорость его движения и относительная влажность воздуха соответственно составляют: 23–24°С; 0,1 м/с; 30–60%; температура воздуха колебаться в пределах от 21 до 25°С.

В теплые периоды года температура воздуха, его подвижность и относительная влажность соответственно составляют: 23–25°С; 0,1–0,2 м/с; 30–60%; температура воздуха колебаться от 22 до 26°С.

Кондиционирование воздуха обеспечивает автоматическое поддержание параметров микроклимата в необходимых пределах в течение всех сезонов года, очистку воздуха от пыли и вредных веществ, создание небольшого избыточного давления в чистых помещениях для исключения поступления неочищенного воздуха.

4.1.4 Оценка освещения

Освещение в операторном зале смешанное (естественным и искусственным). Естественное освещение в операторном осуществляться в виде бокового освещения. Величина коэффициента естественной освещенности (КЕО) и освещенность при искусственном освещении соответствовать нормативным уровням. Согласно этому документу работа операторов относится категории работы высокой зрительной точности, подразряд «в» [2].

Угловые размеры объектов наблюдения, выраженную в угловых минутах, группируют по их линейным размерам, принимая расстояние от объекта до глаза наблюдателя равным 0,35 – 0,5 м, что позволяет линейный размер 0,1 мм принять эквивалентным угловому размеру в одну угловую минуту. Объекты различения классифицируется по размерам на шесть разрядов: от 1 – наивысшей точности (размер объекта различения менее 0,15 мм) до VI-грубая работа (размер объекта различения более5 мм).

В рассматриваемом рабочем помещении имеется естественное боковое освещение в виде двух окон высотой каждая 1,5м. В помешении имеются 4 светильника ВЗГ-100, которые не удовлетворяют нормам освещения необходимым для нормального выполнения работ, так как для персонала, работающего с дисплеями и ЭВМ установленная норма освещенности 300 лк, требуется пересчет искусственного освещения с дальнейшей заменой имеющихся в эксплуатации ламп на лампы, световые параметры которых определены в расчете 4.2.2.

4.1.5 Оценка пожарной безопасности

Пожарная безопасность - состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей

Особенностью выполняемого технологического процесса, свойствами применяемых веществ и материалов, а также наличие электронной техники, помещения, установлено оборудование коммутатора и базовых станций, относятся к категории Д пожарной опасности [3].

Выделение большого количества тепла, раскаленных газов и паров создает высокое давление в окружающей среде и угрожает зданию, оборудованию и людям. Возникшее от этого тепло нагревает и воспламеняет ближайшие к ним частицы смеси, процесс горения идет лавинообразно с огромной скоростью.

Причинами пожаров служат электрические и неэлектрические воздействие. К причинам электрического относят искрение в электрических аппаратах, машинах, электростатические разряды и удары молнии; токи коротких замыканий и значительные перегрузки проводов и обмоток электрических устройств, вызывающие их нагрев до высокой температуры; плохие контакты в метах соединения проводов, приводящие к увеличению переходного сопротивления, на котором выделяется большое количество тепла; электрическая дуга, возникающая во время дуговой электрической сварки или в результате ошибочных операций с коммутационной аппаратурой; выделение кислорода и водорода при зарядке аккумуляторных батарей.

4.2 Технические решение обеспечение безопасности и жизнедеятельности

4.2.1 Расчет искусственного освещения

Расчет выполнен по методическому указанию [5] и СНиП РК 2.04.05-2002 [6].

Освещение в помещениях аппаратного зала под оборудование фирмы ZTE смешанное (естественное и искусственное).

Естественное освещение осуществляется в виде бокового освещения. Величина коэффициента естественного освещения (К.Е.О.) соответствует нормативным уровням при выполнении работы категории высокой точности и быть не ниже 1,2 процент.

При проектировании различных систем искусственного освещения применяются различные методы. Наиболее распространенными из них являются следующие:

а) точечный метод, используемый для расчета общего локализованного и комбинированного освещения;

б) метод светового потока (коэффициента использования), применяемый для расчета общего равномерного освещения;

в) метод удельной мощности, наиболее применимый при ориентировочных расчетах.

Расчет искусственного освещения точечным методом

Освещенность в точке определяется по формуле (4.1):

$$E_г = \frac{\Phi \cdot \mu \cdot \sum e_г}{1000 \cdot K_з}, \qquad (4.1)$$

где Φ – световой поток лампы;

μ – коэффициент, учитывающий дополнительную освещенность за счет отражения, μ = 1,1;

$\sum e_г$ – суммарная условная освещенность, создаваемая всеми источниками.

Суммарная освещенность рассчитывается по формуле (4.2):

$$\sum e_г = \frac{I_\alpha \cdot Cos^3\alpha}{h^2}, \qquad (4.2)$$

где I_α – сила света;

α – угл падения для определенного светильника.

Рассчитаем освещенность в точке А, показанную на рисунке 4.3.

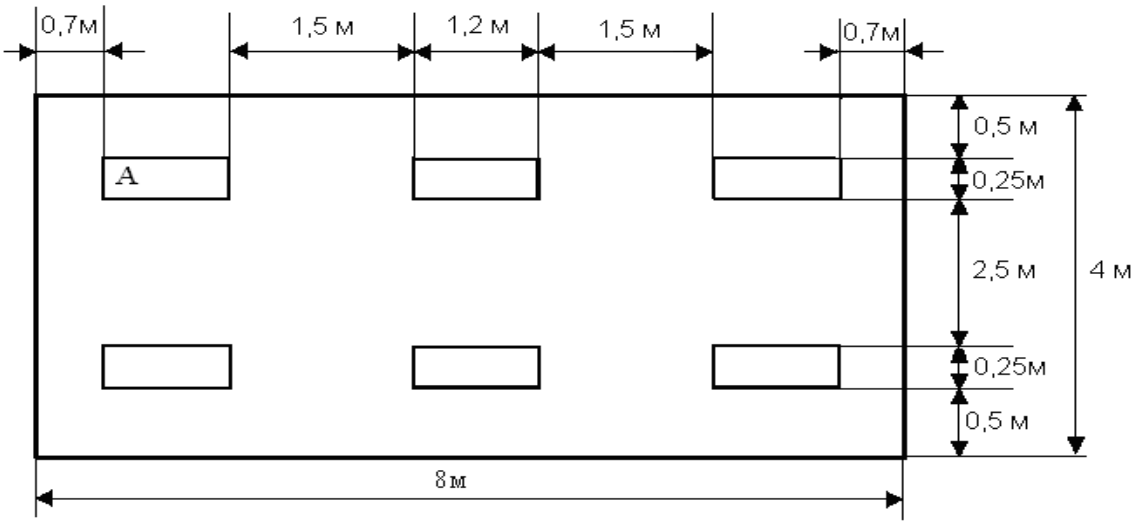


Рисунок 4.3 – Размещение светильников в зале операторов

Расстояние от расчетной точки А до проекции светильника на плоскость рассчитывается по формуле (4.3):

$$d = \sqrt{b^2 + c^2}, \quad м \tag{4.3}$$

Расстояние между лампами определяется по формуле (4.4):

$$\begin{aligned} La &= 2{,}6 \cdot 1{,}2 = 3{,}12 \approx 3м \\ Lв &= 2{,}6 \cdot 1{,}2 = 3{,}12 \approx 3м \end{aligned} \tag{4.4}$$

Расчетная точка расположена на расстоянии С от ближайшей проекции светильника определяется по формуле (4.5):

$$C = {l_1}/{2} = {3}/{2} = 1{,}5, м \tag{4.5}$$

$b_1 = 1{,}5м,$

$b_2 = 1{,}5 + 3 = 4{,}5м.$

Расстояние от светильника до исследуемых точек d_1, d_2, d_3, и d_4 определяется по формуле (4.4) и равно:

$$d_{1234} = \sqrt{1{,}5^2 + 1{,}5^2} = 2{,}12м;$$

$$d_{56} = \sqrt{4{,}5^2 + 1{,}5^2} = 4{,}7м;$$

Определим углы α и силу света I_α для каждого светильника, которые определяется по формуле (4.6):

$$tg\alpha = {d}/{h} \tag{4.6}$$

1. $tg\alpha_1 = {2{,}12}/{2{,}6} = 0{,}8$

$\alpha_1 = arctg(0{,}8) = 39^0$

Сила света $I_{\alpha 1}$ – по исходным данным таблицы 3.10 [6] при 39^0 равна:

$I_{\alpha 1} \approx 122{,}8*3{,}57 = 438{,}4$кд

2. $tg\alpha_2 = {4{,}7}/{2{,}6} = 1{,}8$

$\alpha_2 = arctg(1.8) = 61^0$

Сила света $I_{\alpha 2}$ при 61^0 равна:

$I_{\alpha 2} \approx 132{,}8*3{,}57 = 474{,}1$ кд.

Подставим полученные данные в формулу (4.2):

1. $e_{г1} = \frac{438{,}4 \cdot \cos^3 39^0}{2{,}6^2} \cdot 4 = 121{,}66 \ лм;$

2. $e_{г2} = \frac{474{,}1 \cdot \cos^3 61^0}{2{,}6^2} \cdot 2 = 15{,}99 \ лм;$

Таким образом суммарная условная освещенность в контрольной точке *А* равна:

$$\sum e_г = 121{,}66 + 15{,}99 = 137{,}55 \ лм$$

Полученные значения подставим в формулу (4.1):

$$E_г = \frac{3570 \cdot 1{,}1 \cdot 137{,}55}{1000 \cdot 1{,}5} = 360{,}37 \ лм$$

Вывод: В качестве источников света в помещении используем светильники 6 штук с люминесцентными лампами белого цвета мощностью 2 по 40 Вт, встраиваемые в потолок (марка светильника Гс-2*40). Для помещения выбираем систему общего равномерного освещения, выбранного из расчетных данных. Данное решение полностью удовлетворяет требования освещения к помещенью для персонала ЭВМ.

4.2.2 Оснащение помещений средствами противопожарной безопасности и средствами пожаротушения

Расчет выполнен по методической литературе [7] СНиП РК 2.02.05 – 2002. [8]

Электрическая пожарная сигнализация состоит приборы-извещатели, приёмный пункт пожарной сигнализации в помещении, где осуществляется круглосуточное дежурство персонала.

В качестве извещателя используется дымовой пожарный извещатель ДИП-3.

При высоте помещения 3,5м, площадь контролируемая одним извещателем равна 10 м^2.

Определим количество ДИП-3 по формуле (4.7):

$$M = Ц \cdot (S / S0), \qquad (4.7)$$

где Ц – Округление до ближайшего целого числа;

S – площадь помещения;

S0 – площадь контролируемая одним ДИП-3.

$$M = Ц \cdot (32/10) = 3{,}2 = 4$$

Разместим в здании 4 извещателя.

В качестве пульта извещения установим пульт «Топаз - 3 М».

С учётом того, что к пульту подключены все помещения.

Пульт «Топаз - 3 М» предназначен для контроля 10 зон извещения.

В помещении устанавливаем порошковый огнетушитель типа ОПУ-8.

Технические характеристики приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Характеристики огнетушителя ОПУ-8

Наименования параметров	Нормы для типоразмеров огнетушителей
Масса огнетушащего вещества, кг	8
Длина порошковой струи, м; не менее.	5
Время приведения огнетушителя в действие, с; не более.	5
Время выхода порошка, с; не менее.	12
Остаток огнетушащего порошка, %; не более.	10
Температура среды доступная для использования, С.	-30 +50

Продолжение таблицы 4.2.

Габаритные размеры: Диаметр, мм Высота, мм	 163 570
Масса заряженного огнетушителя, кг.	13,5
Площадь тушения класса В, $м^2$; не менее.	3,8
Рабочее давление, Мпа	1,2
Вместимость корпуса, г	8

Вывод: Согласно расчету выбран порошковый огнетушитель типа ОПУ-8. Масса огнетушащего вещества 8кг, габаритные размеры: диаметр 163мм, высота 570мм, длина порошковой струи 5м.

Огнетушители порошковые унифицированные типа ОПУ предназначены для тушения пожара класса А (твёрдых веществ), класса В (жидких веществ), класса С (газообразных веществ) и электроустановок до 1000 В.

Все огнетушители подвергаются периодической проверке и перезарядке.

5. Технико-экономическое обоснование проекта

5.1 Резюме

В дипломной работе мною рассматривается исследование возможностей организации спутниковой системы связи VSAT для энергетического комплекса Казахстана. На реализацию этого проекта капитальные затраты по расчетам составили 1950 000 тг., на эксплуатационные расходы по расчетам уходит 11 835 462 тг. На сегодняшний день спутниковая связь очень развита, и является самым оптимальным вариантом связи для энергетического комплекса Казахстана, так как территория Казахстана очень большая.

5.2 Анализ продукции

Основной целью данного бизнес плана является в выборе спутниковой связи для энергетического комплекса Казахстана и доказательстве что это самый оптимальный вариант.

С развитием спутниковых систем в отдаленных местах планеты связь становится все доступней человечеству. Спутниковая технология VSAT дает множество возможностей для своих пользователей такие как: выход в интернет, передача данных, пользователь может создать корпоративную связь, организовывать видео конференции и другие функции.

Правильный выбор связи является залогом успешной деятельности энергетических компаний, это ускорит работоспособность компании, и при правильном выборе компания сэкономит денежные средства при установке качественной связи.

5.3 Маркетинговый план

В настоящее время спутниковая связь получает все больше и большее распространение.

С ее помощью можно обойтись от множества проводов, которые в то же время стоят не малые деньги. Так же это дает расширенный доступ многим абонентам сети Интернет. Каждый может с легкостью подключиться к сети, не затрачивая на это много времени.

Спутниковая связь предназначена для доступа на отдаленных местах земли и, в то же время, на достаточно больших скоростях. Среди них наиболее популярна технология VSAT. Данные от космической станции до земной передаются через атмосферу, помеху в основном могут создать лишь сама атмосфера и осадки Отсюда видно, что спутниковая связь с легкостью может заменить обычную 10 Mbps проводную сеть.

Спутниковая технология VSAT предоставляет услуги телекоммуникации международным организациям, государственным учреждениям, деловым кругам и индивидуальным потребителям, адаптируя и внедряя передовые технологии.

5.4 Финансовый план

Целью данной работы является выбор и разработка оптимального вида связи для энергетического комплекса Казахстана, для экономии средств при построении связи.

Далее представлены расчеты, показывающие стоимость внедрения, экономическую эффективность использования.

5.4.1 Капитальные затраты

Капитальные затраты определим по формуле (4.1):

$$K = Ц + K_{тр} + K_{мон} + PC + K + K_{зап} \qquad (4.1)$$

где Ц – цена на приобретение оборудования;

$K_{тр}$ – стоимость перевозки к месту эксплуатации;

$K_{мон}$– стоимость монтажа прибора на месте;

$K_{зип}$ – стоимость запаса именных частей.

Для организации исследуемой спутниковой сети понадобится следующее оборудование:

Таблица 5.1 – Стоимость оборудования

Наименование оборудования	Количество, шт	Стоимость, тг	Сумма, тг
Антенна диапазона Ku-band	1	200 000	200 000
Внутренний блок	1	500 000	500 000
Сервер	1	1 250 000	1 250 000
ИТОГО			1 950 000

Таким образом цена на приобретение оборудования составляет:

Ц = 1 950 000тг.

Стоимость перевозки к месту эксплуатации Ктр составляет 2% от цены системы:

$$K_{тр} = Ц \cdot 0{,}02 = 1950000 \cdot 0{,}02 = 39000 \text{ тг.}$$

Стоимость монтажа прибора на месте составляет 5% от цены системы:

$$K_{мон} = Ц \cdot 0{,}05 = 1950000 \cdot 0{,}05 = 97500 \text{ тг.}$$

Стоимость запаса именных частей Кзип составляет 3% от цены системы:

$$K_{зип} = Ц \cdot 0{,}03 = 1950000 \cdot 0{,}03 = 58500 \text{ тг.}$$

Откуда капитальные затраты равны:

К = 1950000 + 39000 + 97500 + 58500 = 2145000 тг.

4.4.2 Расчет годовых эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы определим по формуле:

$$Э_р = ЗП + C_н + A + M + C_{эл} + C_{адм} + C_р \text{ ,} \qquad (4.2)$$

где *ЗП* – основная и дополнительная заработная плата персонала, обслуживающего прибор (устройство, систему) или объект связи с отчислением на социальное страхование и фонд занятости;

$C_н$ – социальный налог;

A – амортизационные отчисления;

M– затраты на материалы и запасные части;

$C_{эл}$ – электроэнергия со стороны производственных нужд;

$C_{адм}$– прочие административные управленческие и эксплуатационные расходы;

$C_р$ – затраты на рекламу.

Для вычисления заработной платы приведем среднемесячные оклады обслуживающего персонала, которые сведем в таблицу 4.5

Таблица 5.2 – Заработная плата обслуживающего персонала

Наименование должности	Количество, чел	Месячная заработная плата, тг	Годовая заработная плата, тг
Системный администратор	1	95 000	1 140 000
Инженер	1	100 000	1 200 000
Оператор	1	55 000	660 000
Итого	5	455 000	3 000 000

Основная заработная плата за год составит:

$$ЗП_{осн} = 3000000 \text{ тг.} \quad (4.3)$$

В годовой фонд заработной платы включается дополнительная заработная плата (работа в праздничные дни, сверхурочные и т.д.) в размере 30% от основной заработной платы.

$$ЗП_{доп} = ЗП_{осн} \cdot 0{,}3 = 3000000 \cdot 0{,}3 = 900000 \text{ тг.} \quad (4.4)$$

При расчете фонда заработной платы следует учесть премии для выплаты рабочим (25%):

$$П = ЗП_{осн} \cdot 0{,}25 = 3000000 \cdot 0{,}25 = 750000 \text{ тг.} \quad (4.5)$$

Заработная плата складывается из основной и дополнительной заработной платы:

$$ЗП = ЗП_{осн} + ЗП_{доп} + П \ , \qquad (4.6)$$

ЗП=3000000+900000+750000=4650000 тг.

Социальный налог составляет 11 % от общей заработной платы:

$С_н$=(ЗП-01,1*ЗП)*0,11=(4650000-465000)*0,11=460350 тг (4.7)

Амортизация составляет 20% от цены, так как срок годности приобретенного оборудования составляет 5 лет.

$$A = Ц \cdot 0{,}2 = 1950000 \cdot 0{,}2 = 3900000 \text{ тг.} \qquad (4.8)$$

Затраты на материалы и запасные части находятся в размере 2% от стоимости коммутационного оборудования:

$$M = Ц \cdot 0{,}02 = 1950000 \cdot 0{,}02 = 39000 \text{ тыс.тг,} \qquad (4.9)$$

Затраты на электроэнергию рассчитаем по следующей формуле:

$$C_{эл} = W \cdot T \cdot S \ , \qquad (4.10)$$

где W – потребляемая мощность станций, W = 3.6 кВт;

T – количество часов работы оборудования в год;

S – стоимость киловатт-часа электроэнергии, S =17 тг/кВт час.

Откуда:

$$C_{эл} = 3{,}6 \cdot 8760 \cdot 17 = 536112 \text{ тг.}$$

Стоимость прочих расходов составляет 30% от годового фонда заработной платы:

$$C_{адм} = ЗП \cdot 0{,}3 = 3000000 \cdot 0{,}3 = 900000 \text{ тг.} \qquad (4.11)$$

Аренда спутникового канала за год стоит 10800000 тг., но так как сеть в начале расчитана на 8 энергетических станций то стоимость канала делим на 8 и получаем 1350000 тг. на каждого. Энергетические станции Казахстана: Мангистауский Атомно-Энергетический Комбинат — генерирующая компания Актау, Самрук-Энерго — государственный энерго холдинг, АлматыЭнергоСбыт — энергоснабжающая организация Алматы, Актобе

ТЭЦ — генерирующая компания Актобе, АстанаЭнергоСбыт — энергоснабжающая организация Астана и др.

Таким образом, эксплуатационные расходы составят:

$$Э_P = ЗП + C_н + A + M + C_{эл} + C_{адм} + P \quad (4.12)$$

$$Э_P = 4650000 + 460350 + 292500 + 39000 + 536112 + 900000 + \\ + 1350000 = 7944768 \text{ тт}$$

Результаты заносим в таблицу:

Таблица 5.3 – Эксплуатационные затраты

Показатель	Сумма, тенге	Уд.вес, %
ЗП	4 650 000	39,29
Отчисления на социальные нужды	460350	3,89
Амортизационные отчисления А0	3900000	32,95
Затраты на материалы и запасные части	39000	0,33
Затраты на электроэнергию	536112	4,53
Прочие административные, управленческие и эксплуатационные расходы	900 000	7,60
Затраты на аренду канала	1350000	11,41
Всего	11 835 462	100

На рисунке 5.1 приведена диаграмма, отражающая структуру производственных эксплуатационных затрат.

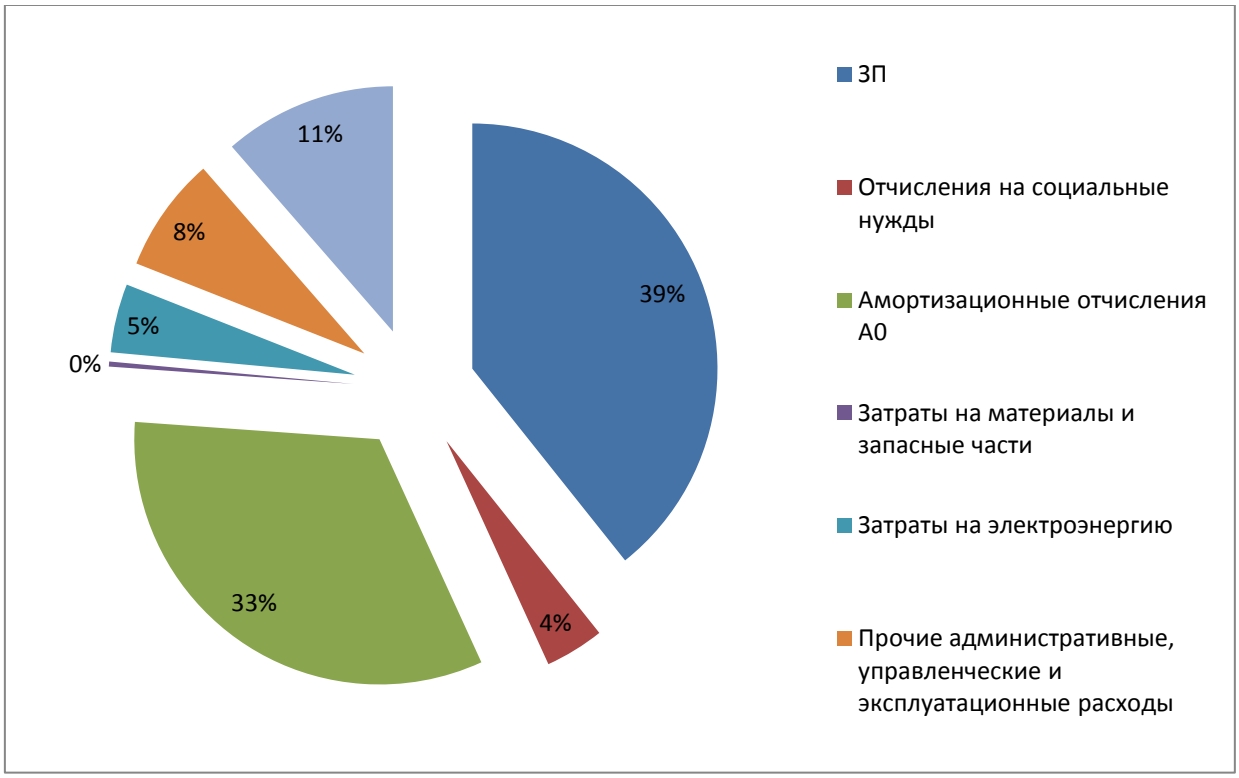


Рисунок 5.1 – Структура эксплуатационных затрат

5.4.3 Расчет доходов от основной деятельности

В данной работе мы учитываем экономию при организации спутниковой связи относительно других видов связи. Особенность спутниковой связи относительно других видов: спутниковая система связи не нуждается в проводах, что значительно позволяет сэкономить, при организации связи можно увеличивать количество земных станций, что сокращает выплату за аренду спутникового канала. Спутниковая связь дает такие услуги: голосовая связь, видеосвязь для организации видеоконференции, передачу данных на высоких скоростях. Пользователь может организовать собственную корпоративную сеть для рабочих.

Так как у нас энергетические станции расположены по всей территории Казахстана строить какие-либо другие виды связи для них будет экономически не выгодно, тянуть по всему Казахстану оптоволоконные кабели потребуют нереальные затраты, прокладка радиорелейной связи тоже не будет экономически выгодным, для этого потребуется множество

радиорелеек располагать по территории Казахстана, а для организации спутниковой связи потребуется лишь аренда спутникового канала и установка на энергетических станциях наземных терминалов.

ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ

Анализируя расчет экономических показателей можно сказать следующее, для реализации данного проекта необходимо капитальное вложение в размере 1 950 000 тенге. Сумма затрат за год и составит фактическую производственную себестоимость или величину годовых эксплуатационных расходов, в нашем случае эксплуатационные расходы составили 11 835 462 тенге. Относительно других видов связи это самый экономически выгодный вариант для энергетического комплекса Казахстана.

Заключение

Дипломная работа посвящена исследованию возможностей организации спутниковой связи VSAT для энергетического комплекса Республики Казахстан.

В первой главе рассмотрены анализ существующих систем спутниковой связи, классификация, основные показатели, особенности технологии VSAT, принципы работы, топологии сети, достоинства.

Во второй главе произведен анализ выбора оборудования, выбора спутника, выбора наземных терминалов.

В третьей главе произведены расчеты дальности связи, шумовых температур, мощностей передатчиков.

В четвертой главе были выполнены расчеты пожарной безопасности, произведен анализ условий труда, а так же были осуществлены расчеты естественного и искусственного освещения.

В пятой главе были осуществлены расчеты капитальных вложений и эксплуатационных расходов.

Результат произведенного исследования показывает что для энергетических комплексов Республики Казахстан самым оптимальным из всех видов связи является спутниковая система связи VSAT.

Список сокращений

ATM (Asynchronous Transfer Mode) – асинхронный способ передачи данных;
CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) – грубое спектральное уплотнение каналов;
OADM (Optical Add Drop Multiplexor) – мультиплексор оптического ввода-вывода;
SDH (Synchronous Digital Hierarchy) – синхронная цифровая иерархия;
SFP (Small Form Factor Pluggable) – промышленный стандарт модульных компактных приёмопередатчиков;
WDM (Wave Division Multiplexing) – спектральное уплотнение каналов;
ZWPF (Zero Water Peak Fiber) – волокна с нулевым водяным пиком;
ГОСТ – государственный,организационный стандарт;
ЗП - заработная плата;
КЕО - коэффициент естественного освещения;
ПК - персональный компьютер.

Список литературы

1. Сборник задач для бакалавров специальности 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации. – Алматы: АУЭС, 2011г., - 37с, Составители: Клочковская Л.П., Самоделкина С.В. Спутниковые и радиорелейные системы передачи.
2. Мордухович Л.Г. Системы радиосвязи: Курсовое проектирование, уч.пособие – М.: Радио и связь, 1987 – 192 с.
3. Руководство по эксплуатации системы DAMA SkyEdge. – Gilat Satellite Networks. 2005– 164 с.
4. Кантор Л.Я. Справочник по спутниковым системам связи. – М.: Радио и связь, 1997- 528 с.
5. Говорков В.А. Учебник для ВУЗов. Электрические и магнитные поля. – М.: Энергия, 1974 – 450 с.
6. Gerard Maral. VSAT Networks – John Milley & Sons Ltd, England, 2004 – 325 с.
7. Сергеев И.В. Уч. пособие. Экономика предприятия. – М.: Финансы и статистика, 1997- 455 с.
8. Анпилогов В.Р. Интерактивные сети VSAT. Обзор рынка оборудования // Технологии и средства связи. 2003, № 6, с. 12-15.
9. Анпилогов В.Р. Полнофункциональные сети VSAT. Обзор технологий и рынка оборудования // Технологии и средства связи. 2004. № 2, с. 5-8.
10. Рапионов О.С., Болдин В.Н. Экономика предприятия – М.: Радио и связь, 1998-479 с.
11. Нагинаев В.Н. Учебник для ВУЗов. Охрана труда в вычислительных центрах. – М.: Машиностроение, 1985, 320 с.
12. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1985 – 824 с.
13. Баклашов Н.И. Учебник для ВУЗов. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. – М.: Радио и связь, 1989. – 287 с.
14. Горобец А.И. Учебник для ВУЗов. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности. – Киев: Техника, 1987. – 135 с.

Приложение А.1

Окно программы MathCAD

Arial 10 Мой веб-узел Go

$\alpha := 43.25$ $\beta := 18.05$ $f := 14.15625 \cdot 10^{9}$ $La := 0.8$ $Lп := 0.9$ $Lp := 0.2$ $TA := 60$ $T0 := 290$

$\eta := 0.85$ $Tw := 290$ $g := 0.8$ $Da := 3$ $k := 1.38 \cdot 10^{-23}$ $\Delta fw := 36 \cdot 10^{6}$ $a := 3.98$ $Pсш := 10$ $Gпрм := 7943$ $ηпрд := 0.85$ $ηпрм := 0.85$

$d := 42644000\sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta)}$ $\quad d = 3.924 \times 10^{7}$

$\lambda := \frac{c}{f}$ $\quad \lambda = 0.021 \frac{m}{s}$

$L0 := \frac{16 \cdot \pi^{2} \cdot d^{2}}{\lambda^{2}}$ $\quad L0 = 5.423 \times 10^{20} \frac{s^{2}}{m^{2}}$

$Lд := La + Lп + Lp$ $\quad Lдоп := 1.55$

$T\Sigma := TA + T0 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} + \frac{Tw}{\eta}$ $\quad T\Sigma = 452.353$

$Gзс := \frac{10 \cdot g \cdot Da^{2}}{\lambda^{2}}$ $\quad Gзс = 1.605 \times 10^{5} \frac{s^{2}}{m^{2}}$

$Gпрд := Gзс$

$Pпрд := \frac{L0 \cdot Lдоп \cdot k \cdot T\Sigma \cdot \Delta fw \cdot a \cdot (Pсш)}{Gпрд \cdot Gпрм \cdot ηпрд \cdot ηпрм}$ $\quad Pпрд = 8.16$

$PW := k \cdot T\Sigma \cdot \Delta fw$ $\quad PW = 2.247 \times 10^{-13}$

$Pw2 := -126.483$

$PC := Pсш + Pw2$ $\quad PC = -116.483$

Рисунок А.1- Окно программы MathCAD (расчет мощности передатчика 1)

Приложение А.2

Окно программы MathCAD

Arial 10 Мой веб-узел Go

$\alpha := 51.16$ $\quad f := 11.10625 \cdot 10^{9}$ $\quad Lп := 0.9$ $\quad TA := 80$

$\beta := 24$ $\quad La := 0.8$ $\quad Lp := 0.2$ $\quad T0 := 290$

$\eta := 0.9$ $\quad Da := 8$ $\quad b := 1.32$ $\quad Gпрд := 1000$

$Tw := 2030$ $\quad k := 1.38 \cdot 10^{-23}$ $\quad ηпрд := 0.85$

$g := 0.8$ $\quad Pсш := 10$

$\Delta fw := 54 \cdot 10^{6}$ $\quad ηпрм := 0.9$

$$d := 42644000\sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta)} \qquad d = 4.094 \times 10^{7}$$

$$\lambda := \frac{c}{f} \qquad \lambda = 0.027\,\frac{m}{s}$$

$$L0 := \frac{16 \cdot \pi^{2} \cdot d^{2}}{\lambda^{2}} \qquad L0 = 3.632 \times 10^{20}\,\frac{s^{2}}{m^{2}}$$

$$Lд := La + Lп + Lp \qquad Lдоп := 1.55$$

$$T\Sigma := TA + T0 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} + \frac{Tw}{\eta} \qquad T\Sigma = 2.368 \times 10^{3}$$

$$Gзс := \frac{10 \cdot g \cdot Da^{2}}{\lambda^{2}} \qquad Gзс = 7.027 \times 10^{5}\,\frac{s^{2}}{m^{2}}$$

$$Gпрм := Gзс$$

$$Pпрд := \frac{L0 \cdot Lдоп \cdot k \cdot T\Sigma \cdot \Delta fw \cdot b \cdot (Pсш)}{Gпрд \cdot Gпрм \cdot ηпрд \cdot ηпрм}$$

$$Pпрд = 24.392$$

$$PW := k \cdot T\Sigma \cdot \Delta fw$$

$$PW = 1.764 \times 10^{-12}$$

$$Pw2 := -117.535$$

$$PC := Pсш + Pw2$$

$$PC = -107.535$$

Рисунок А.2- Окно программы MathCAD (расчет мощности передатчика 2)

Приложение А.3

Окно программы MathCAD

$\alpha := 51.13$ $\quad f := 14.15625 \cdot 10^{9}$ $\quad Lп := 0.9$ $\quad TA := 60$

$\beta := 43.87$ $\quad La := 0.8$ $\quad Lp := 0.2$ $\quad T0 := 290$

$\eta := 0.85$ $\quad Da := 3$ $\quad a := 3.98$ $\quad Gпрм := 7943$

$Tw := 290$ $\quad k := 1.38 \cdot 10^{-23}$ $\quad ηпрд := 0.85$

$g := 0.8$ $\quad Pсш := 10$ $\quad ηпрм := 0.85$

$\Delta fw := 36 \cdot 10^{6}$

$$d := 42644000\sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta)} \qquad d = 3.837 \times 10^{7}$$

$$\lambda := \frac{c}{f} \qquad \lambda = 0.021\,\frac{m}{s}$$

$$L0 := \frac{16 \cdot \pi^{2} \cdot d^{2}}{\lambda^{2}} \qquad L0 = 5.183 \times 10^{20}\,\frac{s^{2}}{m^{2}}$$

$$Lд := La + Lп + Lp \qquad Lдоп := 1.55$$

$$T\Sigma := TA + T0 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} + \frac{Tw}{\eta} \qquad T\Sigma = 452.353$$

$$Gзс := \frac{10 \cdot g \cdot Da^{2}}{\lambda^{2}} \qquad Gзс = 1.605 \times 10^{5}\,\frac{s^{2}}{m^{2}}$$

$$Gпрд := Gзс$$

$$Pпрд := \frac{L0 \cdot Lдоп \cdot k \cdot T\Sigma \cdot \Delta fw \cdot a \cdot (Pсш)}{Gпрд \cdot Gпрм \cdot ηпрд \cdot ηпрм} \qquad Pпрд = 7.799$$

$$PW := k \cdot T\Sigma \cdot \Delta fw \qquad PW = 2.247 \times 10^{-13}$$

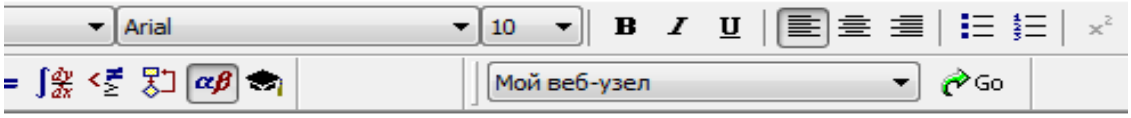
$$Pw2 := -126.483$$

$$PC := Pсш + Pw2 \qquad PC = -116.483$$

Рисунок А.3- Окно программы MathCAD (расчет мощности передатчика 3)

Приложение А.4

Окно программы MathCAD



$\alpha := 49.78$ $\quad f := 14.15625 \cdot 10^{9}$ $\quad Lп := 0.9$ $\quad TA := 60$

$\beta := 13.38$ $\quad La := 0.8$ $\quad Lp := 0.2$ $\quad T0 := 290$

$\eta := 0.85$ $\quad Da := 3$ $\quad a := 3.98$ $\quad Gпрм := 7943$

$Tw := 290$ $\quad k := 1.38 \cdot 10^{-23}$ $\quad Pсш := 10$ $\quad \eta прд := 0.85$

$g := 0.8$ $\quad \Delta fw := 36 \cdot 10^{6}$ $\quad \eta прм := 0.85$

$$d := 42644000\sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta)} \qquad d = 3.863 \times 10^{7}$$

$$\lambda := \frac{c}{f} \qquad \lambda = 0.021\,\frac{m}{s}$$

$$L0 := \frac{16 \cdot \pi^{2} \cdot d^{2}}{\lambda^{2}} \qquad L0 = 5.254 \times 10^{20}\,\frac{s^{2}}{m^{2}}$$

$$Lд := La + Lп + Lp \qquad Lдоп := 1.55$$

$$T\Sigma := TA + T0 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} + \frac{Tw}{\eta} \qquad T\Sigma = 452.353$$

$$Gзс := \frac{10 \cdot g \cdot Da^{2}}{\lambda^{2}} \qquad Gзс = 1.605 \times 10^{5}\,\frac{s^{2}}{m^{2}}$$

$$Gпрд := Gзс$$

$$Pпрд := \frac{L0 \cdot Lдоп \cdot k \cdot T\Sigma \cdot \Delta fw \cdot a \cdot (Pсш)}{Gпрд \cdot Gпрм \cdot \eta прд \cdot \eta прм} \qquad Pпрд = 7.906$$

$$PW := k \cdot T\Sigma \cdot \Delta fw \qquad PW = 2.247 \times 10^{-13}$$

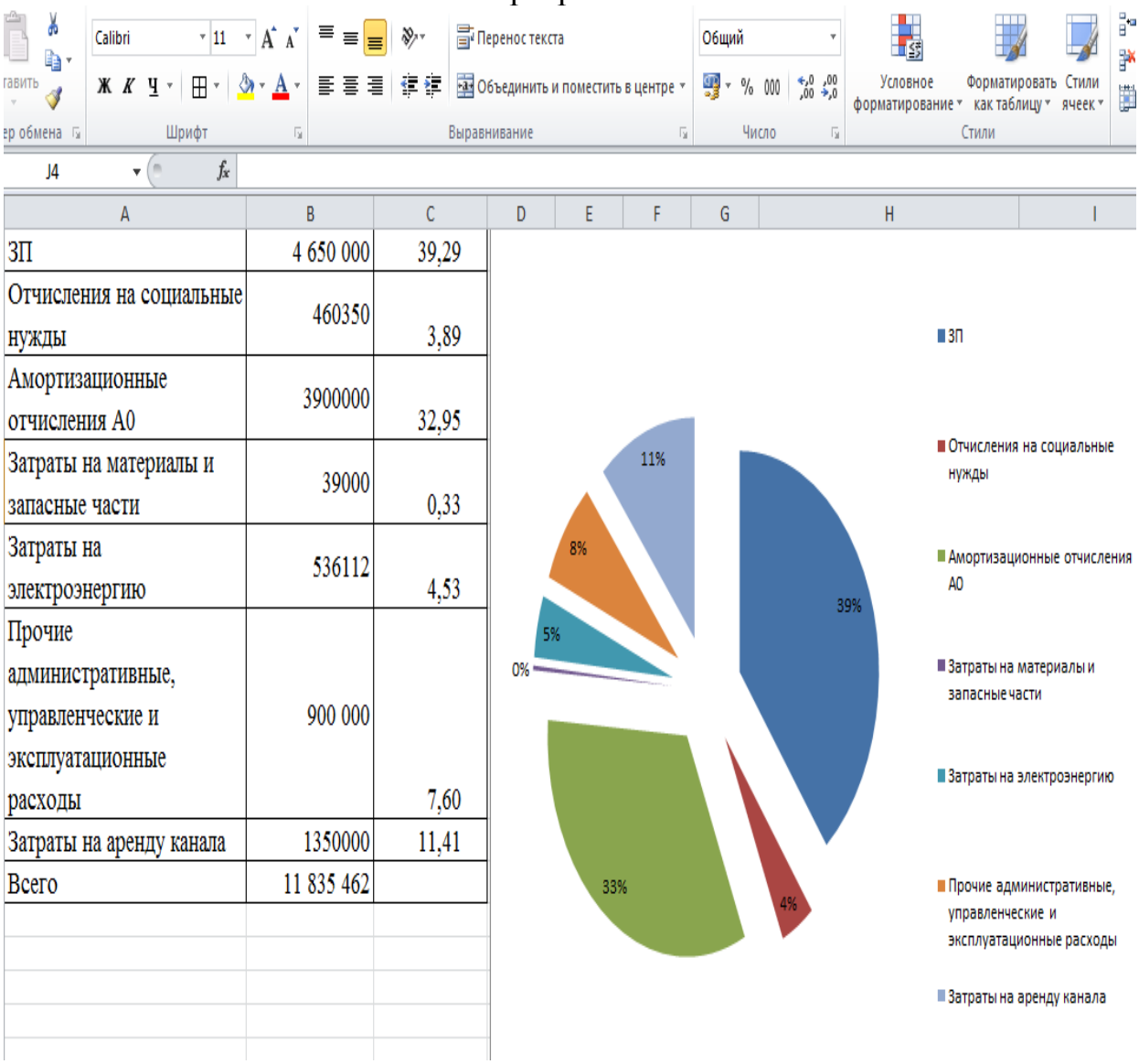
$$Pw2 := -126.483$$

$$PC := Pсш + Pw2 \qquad PC = -116.483$$

Рисунок А.4- Окно программы MathCAD (расчет мощности передатчика 4)

Приложение Б.1

Окно программы Excel



ЗП	4 650 000	39,29
Отчисления на социальные нужды	460350	3,89
Амортизационные отчисления А0	3900000	32,95
Затраты на материалы и запасные части	39000	0,33
Затраты на электроэнергию	536112	4,53
Прочие административные, управленческие и эксплуатационные расходы	900 000	7,60
Затраты на аренду канала	1350000	11,41
Всего	11 835 462	

Рисунок Б.1- Окно программы Excel (расчет эксплуатационных расходов)