МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационных систем

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой ТКС
Шашахметов Д.Т., к.т.н.
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «_____»_____**20__ г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: „Проектирование систем передачи для компании „Karachaganak Petroleum Operating"

Специальность 5В0719- Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Ердаулетова М.А МТС-10-06
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Ползик Е.В., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Бекмуева А.Ч., к.э.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «09» июня 2014 г.
(подпись)

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

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

_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20__ г.
(подпись)

Нормоконтролер: ст. препод. ТКС Кондратович А.А
(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 Радиотехники и связи
Специальность 5В0719- Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Студент Ердаулетова Малика Аманжолдиевна
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта „Проектирование систем передачи для компании „Каракаданак Petroleum Operating"

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
Диапазон частот; Ku
Частотный спектр; 10,7-18,0 ГГц
Космический сегмент; ИСЗ „KazSat 2."

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:
- анализ существующей сети;
- сбор телеметрической информации с удаленных объектов;
- спутниковое сообщение от удаленных объектов в системе SCADA;
- IP SCADA эффективная связь с удаленными объектами;
- терминалы SkyWave;
- энергетический расчет спутниковых линий передачи данных;
- расчет необходимого диаметра антенн приемных земных станций;
- расчет мощности шума приемной земной станции

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

- традиционная архитектура SCADA;
- бесшовная отправка последовательных данных с использованием терминалов спутниковых соединений;
- схема системы измерения процесса с трансмиттером процесса;
- блок-схема трансмиттера;
- дифференциальный датчик давления;
- типовая конфигурация пары мультиплексоров MP-2104
- зона покрытия КА „KazSat 2"
- назначение стволов „KazSat 2"
- схема проектируемой сети передачи данных
- частотная зависимость шумовой температуры Галактики, Солнца и атмосферы (без дождя)
- частотная зависимость шумовой температуры атмосферы
- схема антенны Супрал СТВ 2.0

Рекомендуемая основная литература

Боховский М.А. Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу Развитие спутниковых телекоммуникационных систем.

Слеферов С. Расчет спутниковой линии связи. Основные понятия и формулы.

Гениатулин К.А., Носов В.И. Частотно-территориальное планирование системы подвижной спутниковой связи с зональным обслуживанием.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БЖД	Джосбаев М.К.	17.03 – 09.06.14	
Выч. техника	Артюхин А.В.	12.05 – 10.06.14	
Спец. часть	Полник Е.В.	25.05.2014	
Эконом. часть	Бекенова А.Ч.	12.05 – 09.06.14	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Введение	03.02 - 08.02	Выполнено, 6%
2	Анализ существующей сети	10.02 - 20.02	Выполнено, 4%
3	Сбор телеметрической информации с удаленных объектов	22.02 - 27.02	Выполнено, 6%
4	IP SCADA эффективная связь с удаленными объектами	27.02 - 01.03	Выполнено, 8%
5.	Датчики в трубопроводах	02.03 - 15.03	Выполнено, 8%
6	Оборудование для передачи информации между крупными центрами	20.03 - 25.03	Выполнено, 8%
7.	Терминалы SkyWave	26.03 - 15.04	Выполнено, 6%
8	Принцип организации спутниковой связи	16.04 - 23.04	Выполнено, 6%
9.	Технические характеристики КА „KazSat 2"	24.04 - 28.04	Выполнено, 8%
10	Энергетический расчет спутниковых линий передачи данных	29.04 - 02.05	Выполнено, 8%
11	Расчет необходимого диаметра антенн приемных земных станций	5.05 - 10.05	Выполнено, 8%
12	Расчет мощности шума приемной земной станции.	11.05 - 15.05	Выполнено, 6%
13.	Расчет затухания сигнала при распространении сигнала	16.05 - 19.05	Выполнено, 6%
14.	Расчет дополнительного затухания энергии сигнала на линиях вверх и вниз	20.05 - 23.05	Выполнено, 6%
15	Заключение	23.05 - 25.05	Выполнено, 6%

Дата выдачи задания «01» октября 2013 г.

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

Руководитель _____ Полник Е.В.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Ердаулетова М.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада "Karachaganak Petroleum Operating" мұнай - газ компаниясы үшін деректерді табыстау жүйесі жобаланады. Жобада қазіргі кездегі бар жүенің талдауы жүргізіліп деректерді табыстау жүйенің ең қолайлы түрі таңдалады. Табыстау жүйенің негіздеуі техникалық сипаттамасы, қолдану мүмкіндігі, бағасы және тағыда басқа сипаттамалар арқылы жүргізіледі. Жобаның техникалық бөлімінде спутникті табыстау жүйесі көмегімен желіні құрастыру нұсқасы қарастырылады. Дипломдық жобаның есептік бөлімінде Тенгіз, Оренбург және Ақсай қалалары үшін үсті мен асты желілерінің энергетикалық есептелуі мен антенналар диаметрі есептелінеді.

Аннотация

В данной дипломной работе проектируется система передачи данных для нефтегазодобывающей компании «Karachaganak Petroleum Operating». В работе будет сделан анализ существующей системы и выбрана подходящая система передачи данных. Обоснование выбора системы передачи будет производиться с учетом: технических характеристик системы, возможности применения системы, стоимости системы и так далее. В технической части проекта будет рассмотрен вариант построения сети с помощью спутниковой системы передачи. В расчетной части дипломного проекта будут произведены расчеты диаметра антенн и энергетические расчеты линий вверх и вниз для городов Аксай, Оренбург и Тенгиз.

Abstract

Data transmission system for the oil and gas extraction company "Karachaganak Petroleum Operating" will be designed in this degree project. In work will be made the analysis of existing system and chosen the suitable system of data transmission. Justification of a choice of system of transfer will be made taking into account: technical characteristics of system, possibility of use of system, system cost and so on. In technical part of the project will be considered the option of creation of a network by means of satellite system of transfer. In settlement part of the degree project will be made calculations of diameter of antennas and power calculations of lines up and down for the cities of Aksay, Orenburg and Tengiz.

Содержание

Введение 6
1 Анализ существующей сети 7
1.1 Экспортные маршруты 8
2 Сбор телеметрической информации с удаленных объектов 11
2.1 Спутниковые сообщения от удаленных объектов в системе SCADA 12
2.1.1 IP SCADA эффективная связь с удаленными объектами 13
2.2 Датчики в трубопроводах 14
2.2.1 Самовсасывающие насосы 15
2.2.2 Преобразователи давления 16
3 Оборудования для передачи информации между крупными центрами 17
3.1 Мультиплексор MP-2104 17
3.1.1 Интерфейс V.24 (плата HS-RN) 18
3.2 Маршрутизатор Cisco 2801 19
3.3 Терминалы SkyWave 21
3.3.1 Интеллектуальные терминалы и преимущества их применения на удаленных объектах 23
3.3.2 Выбор системы спутниковых сообщений 24
4 Принцип организации спутниковой связи 26
4.1 Выбор спутникового сегмента 27
4.2 Технические характеристики КА "KazSat 2" 27
4.3 Назначение стволов 29
5 Энергетический расчет спутниковых линий передачи данных 30
5.1 Расчет параметров установки антенн земных станций 30
5.2 Расчет затухания сигнала при распространении сигнала 32
5.3 Расчет дополнительного затухания энергии сигнала на линиях вверх и вниз 35
5.4 Расчет ослабления уровня сигнала, вызванного дождем 35
5.5 Расчет ослабления уровня сигнала, из-за рефракции и неточности наведения антенны на ИСЗ 36
5.6 Энергетические характеристики радиолинии 41
5.7 Расчет необходимого диаметра антенн приемных земных станций 43
5.8 Расчет мощности шума приемной земной станции 43
6 Выбор необходимого оборудования 52
7 Безопасность жизнедеятельности 54
8 Бизнес - план 66
Заключение 72
Список литературы 73
Приложение А 74
Приложение Б 76

Введение

Система передачи данных на сегодняшний день является неотъемлемой составной частью любой отрасли деятельности человека. Сотни специалистов во всем мире трудятся над созданием новых эффективных технологий в области связи, ставят перед собой очень сложные цели по оптимизации и упрощению производительной работы различных структур, организаций и рядовых пользователей любых технических новинок и устройств.

На данный момент на рынке связи РК присутствует большое количество компаний, предлагающих широкий выбор телекоммуникационных услуг: телефония, доступ в интернет, мобильная связь, радиорелейная связь, высокочастотная связь, спутниковая связь и т.д. Эта тенденция развития средств связи в Казахстане обусловлена высоким спросом потребителей данных услуг. Исходя из описанной выше ситуации, совершенно ясным становится вопрос актуальности развития различных средств связи. В условиях развивающегося рынка как в сфере телекоммуникаций, так и в сфере бизнеса необходима надежная цифровая сеть связи.

Одним из приоритетных направлений в области связи является внедрение автоматизированной системы контроля и учета данных для различных промышленных компаний, в целях сокращения нормативных и сверхнормативных потерь. Система автоматического сбора данных с каждой точки выполняет следующие функции:

- хранит параметры учета в базе данных;
- выводит расчетные параметры на терминал или на устройство печати по требованию оператора;
- создает единое системное время, с возможностью корректировки.

При наличии современной автоматической системы контроля и управления данными промышленное предприятие полностью контролирует весь процесс обмена данными и имеет возможность гибко переходить к различным тарифным системам, минимизируя свои затраты.

Целью данного дипломного проекта является проектирование систем передачи информации для компании «Karachaganak Petroleum Operating». Требуется создать надежные каналы передачи телеметрической и управляющей информации.

Для достижения поставленной цели, необходимо выполнить следующие задачи:

- проанализировать существующую систему;
- выбрать систему передачи информации;
-выполнить необходимые расчеты;
-выбрать оборудование с соответствующими техническими характеристиками.

1 Анализ существующей сети

«Karachaganak Petroleum Operating» - нефтегазоконденсатное месторождение Казахстана, которое расположенно в Западно-Казахстанской области, около города Аксай. Было открыто в 1979 году. Промышленное изучение началось в середине 1980-х годов производственным объединением «Оренбурггазпром» Министерства газовой промышленности СССР. В 1989 году министерство было преобразовано в РАО «Газпром».

Первоначальные балансовые запасы углеводородов составляли 10 миллиардов баррелей конденсата и 49 триллионов кубических футов газа, а общие оценочные запасы превышали 3,5 миллиарда баррелей конденсата и 18 триллионов кубических футов газа. Рекордные показатели по добыче, составляют почти 51 % всего газа и 19 % всех жидких углеводородов, добываемых в стране. В 2013 году предприятие добыло 144 миллионов баррелей нефтяного эквивалента.

Карачаганакское возвышение представлено рифовой постройкой высотой до 1,9 км. Залежь нефтегазоконденсатная, массивная. Высота газоконденсатной части достигает 1540 м, толщина нефтяного слоя равна 250 м. Плотность конденсата меняется от 784 кг/м³ до 826 кг/м³. Плотность нефти колеблется от 823 кг/м³ до 899 кг/м³. В нефти содержится: серы до 3 %, парафинов до 7 %. Пластовый газ состоит из метана - 60 %, этана - 7 %, пропана - 4 % и другие газы - 19 %. В газе содержание сероводорода до 5 %. Давление газа в пласте составляет 700 атм. Относится к Прикаспийской нефтегазоносной провинции.

Первоначально предполагалось, что сырьё с месторождения будет полностью направляться на переработку на Оренбургский газоперерабатывающий завод. В начале 80-х годов на территории месторождения под руководством западногерманских и итальянских фирм была построена установка комплексной подготовки газа (УКПГ) — комплекс сложного оборудования, обеспечивающий очистку газа, поступающего из скважин, от примесей парафинов и серы. Приведения в технологически необходимое физическое и химическое состояние газа для дальнейшей транспортировки по трубопроводу на Оренбургский газоперерабатывающий завод. С ростом добычи газа и конденсата возникла необходимость при участии иностранных операторов месторождения смонтировать уже несколько УКПГ. После получения независимости правительство Казахстана отказалось от сотрудничества с РАО «Газпром» и начало заниматься поиском иностранных партнёров по освоению месторождения.

В настоящее время месторождение на условиях соглашения о разделе продукции разрабатывает международный консорциум в составе British Gas и Eni (по 32,5 %), ChevronTexaco (20 %) и «Лукойла» (15 %). Для реализации Карачаганакского проекта эти компании объединились в консорциум «Карачаганак Петролиум Оперейтинг Б. В.» (КПО б.в).

Планируется, что КПО будет осуществлять управление проектом до 2038 года.

Добыча и переработка нефти и газа на Карачаганакском месторождении ведутся на трех технологических установках, и для экспорта продукции используются три основных маршрута. Это позволяет КПО более гибко реагировать на изменения рыночной конъюнктуры при экспорте нефти и газа. При разработке месторождения компания использует самые передовые, а в некоторых случаях, и новаторские технологии. Так, например, именно на Карачаганаке впервые была разработана и применена инновационная схема обратной закачки в пласт сырого газа под высоким давлением. Эта схема доказала свою высокую эффективность в плане увеличения объемов добычи углеводородов и принесла немалую экономическую выгоду республике.

Помимо этого, компания КПО пробурила самые глубокие и технологически очень сложные скважины в Казахстане, включая самые глубокие многоствольные скважины. Нефть в основном экспортируется по трубопроводу КТК (Каспийский трубопроводный консорциум), ведущему к порту «Южная Озереевка» на Черном море. Еще один маршрут для сбыта нефти – через трубопровод «Атырау-Самара», соединяющийся с транспортной системой российской компании «Транснефть», что обеспечивает доступ к порту Приморска и ряду европейских направлений.

1.1 Экспортные маршруты

Транспортная система «Карачаганак – Атырау» (ТСКА) является одним из главных маршрутов транспортировки стабилизированных жидких углеводородов, добываемых на Карачаганакском месторождении, и эксплуатируется с 2003 года. Трубопровод диаметром 24 дюйма соединяет Карачаганакский перерабатывающий комплекс (КПК) и терминал в Атырау на Каспийском море. Кроме этого, имеются две насосные станции – одна находится на КПК, а другая - в Большом Чагане, приемное оборудование и емкости для хранения продукции в Атырау. Эксплуатацией и обслуживанием этих объектов занимается КПО. В Атырау трубопровод соединяется с системой Каспийского трубопроводного консорциума, по которой нефть транспортируется до Новороссийска, где грузится на танкеры и идет на экспорт.

Каспийский трубопроводный консорциум (КТК)**.** Участниками Каспийского трубопроводного консорциума являются несколько международных энергетических компаний, а также правительства России и Казахстана. Трубопровод, который эксплуатируется с 2001 года, протянулся от Тенгизского месторождения в Казахстане до Новороссийска на Черном море. Длина трубопровода составляет 1510 километров, а диаметр на разных участках равен 40 и 42 дюймам. Также имеется пять насосных станций, морской терминал и резервуарный парк. КТК обеспечивает жизненно важное связующее

звено в системе транспортировки карачаганакских жидких углеводородов на мировые рынки.

Транспортная система «Карачаганак-Оренбург» (ТСКО). Система KOTS включает в себя пять трубопроводов протяженностью 140 километров для транспортировки углеводородов на Оренбургский газоперерабатывающий завод (ОГПЗ) в Российской Федерации. Эти трубопроводы существовали до начала второго этапа развития Карачаганака. Два трубопровода диаметром 28 дюймов транспортируют сырой газ на ОГПЗ для дальнейшей переработки. Кроме этого, имеется три 14-дюймовых трубопровода, один из которых служит для экспорта жидких углеводородов, а два других являются трубопроводами двойного назначения и используются для транспортировки как сырого газа, так и нестабильного конденсата.

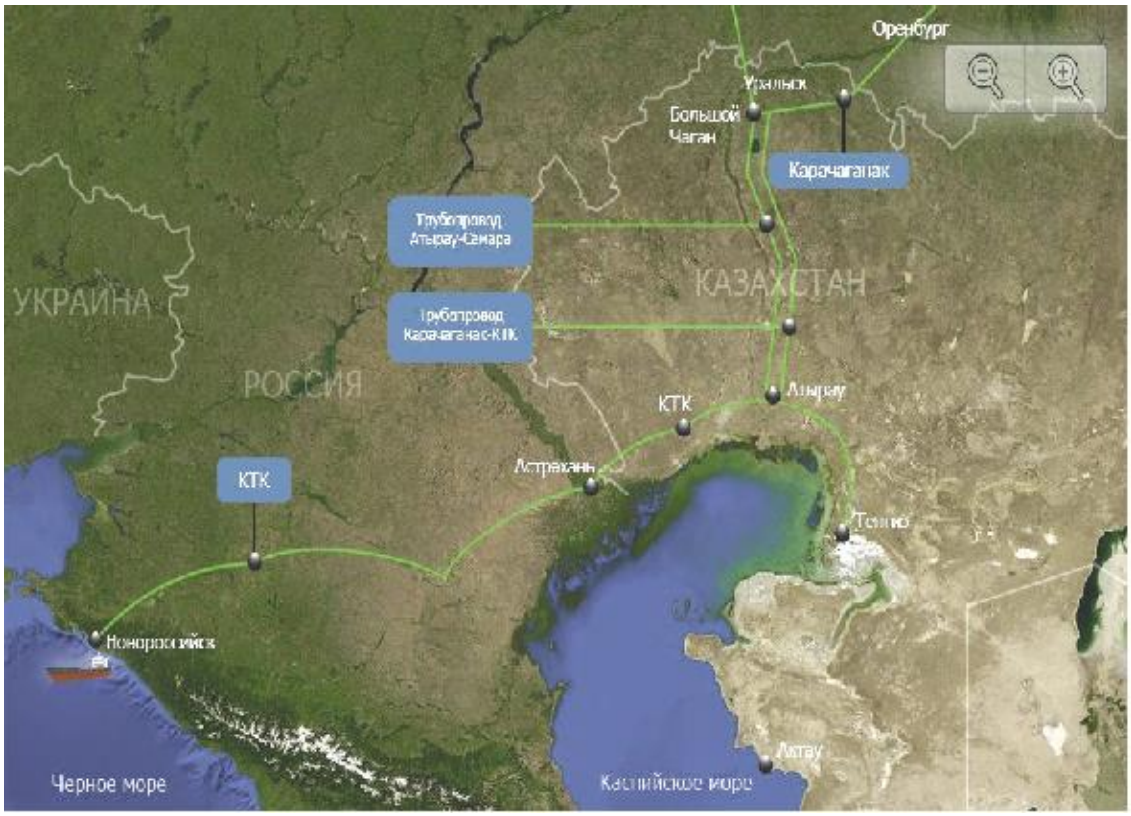

Рисунок 1.1 – Расположение филиалов компании «Karachaganak Petroleum Operating»

В данной главе описывается деятельность компании «Karachaganak Petroleum Operating». Описано имеющееся оборудование для добычи нефти и газа. Рассмотрены экспортные маршруты в Казахстане и в ближнем зарубежье, куда транспортируется нефть и газ по трубопроводам. Указано расположение филиалов, для которых необходимо создать надежные каналы передачи телеметрической и управляющей информации.

На сегодняшний день данные компании передаются по малоканальным технологическим РРЛ, установленным во время прокладки трубопровода. Как видно из рисунка 1.1, объекты удалены друг от друга на далекое расстояние, поэтому в работе будет использоваться спутниковая система передачи данных. Нужно организовать связь между городами Аксай, где находится главный офис, Оренбург и Тенгиз.

2 Сбор телеметрической информации с удаленных объектов

Традиционные системы сбора и формирования телеметрической и управляющей информации, которые используются в нефтегазовой отрасли, энергетике, водоснабжении и экологическом контроле, используют системы связи для передачи информации между главными узлами и удаленными объектами, а также для дистанционного управления оборудованиями. Обычно в этих системах и при дистанционном сборе данных используются следующие виды связи:

- традиционные телефонные линии;
-узконаправленные и широковещательные радиосети на лицензированных высоких и сверхвысоких частотах;
- оптоволоконные сети;
- узконаправленные каналы микроволновой связи;
- сотовые (GSM) сети. [1]

Во многих случаях оправдано использование существующих наземных линий связи, но из-за крайней удаленности объектов часто необходимо использовать спутниковый канал. В случае передачи данных с объектов КТК1, КТК2, Тенгиз, Оренбург проектируется использование спутникового канала передачи данных.

Система SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) - диспетчерское управление и сбор данных.

Основные задачи SCADA:

- обмен данными с УСО (устройство связи с объектом) в реальном времени с помощью драйверов;
- обработка информации в реальном времени;
- ведение базы данных реального времени;
- аварийная сигнализация и управление тревожными сообщениями;
- подготовка и генерирование отчетов о ходе технологического процесса;
- обеспечение связи с внешними приложениями (СУБД, электронные таблицы, текстовые процессоры и т. д.).

Один из классов устройств, используемых в системах SCADA - терминалы спутниковых сообщений (также используются названия «устройства обмена пакетными сообщениями и низкоскоростные терминалы») необходимых, например, для контроля потока газа, катодной защиты и мониторинга состояния компрессоров. Терминалы этого типа используются на объектах, где другие способы связи недоступны, недостоверны или требуют очень больших затрат, а объединение данных с нескольких объектов перед отправкой неуместно. [1]

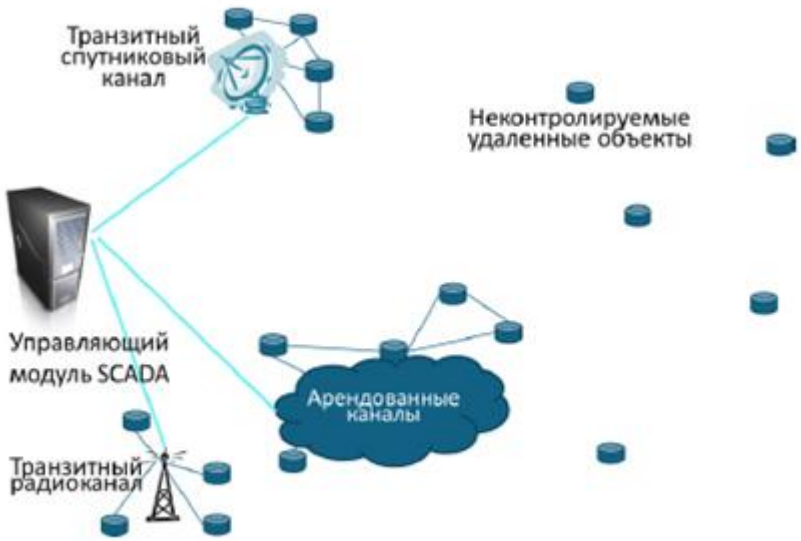

Рисунок 2.1 - Сети SCADA, использующие наземные линии связи

2.1 Спутниковые сообщения от удаленных объектов в системе SCADA

Независимо от расположения объектов в системах SCADA часто используются промышленные протоколы, такие как Modbus и DNR. Они основаны на транзакции - опросы для определенных аппаратных параметров, таких как уровень давления, температуры или состояние ("вкл " или " выкл"). Удаленный (подчиненный) объект в системе обычно оснащен датчиками и приводами подключенными к блоку дистанционного контроля (RTU) или аналогичному устройству, собирающему локальные данные. На рисунке 2.2 показана традиционная архитектура системы SCADA с точки зрения связи между объектами. На каждый опрос блок RTU (подчиненный объект) отправляет ответ. [2]

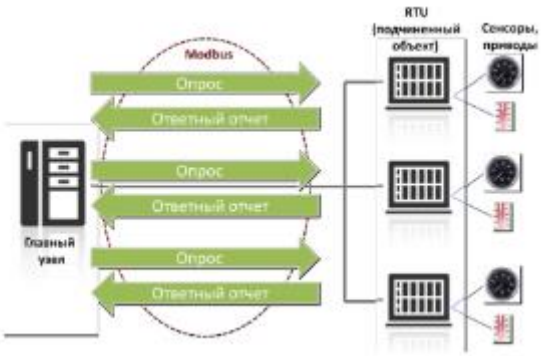

Рисунок 2.2 - Традиционная архитектура SCADA

Использование связи на основе TCP/IP делает систему SCADA простой и легко масштабируемой — но необязательно эффективной с точки зрения

объема передаваемых данных. Вернемся к рис.2.2 для опроса нескольких параметров требуется канал со значительной пропускной способностью вследствие транспортных издержек присущих обычным системам на основе TCP/IP. Это влечет за собой увеличение объема передаваемых данных и рост расходов на связь. Во многих реализациях Modbus и DNP используется обычное последовательное соединение инкапсулированное в пакеты TCP/IP. Это означает, что можно существенно снизить расходы на связь, если избавиться от служебной информации протокола IP и оставить только необработанные последовательные данные.

2.1.1 IP SCADA эффективная связь с удаленными объектами

Говоря о том, что уменьшение количества служебной информации в сообщении позволит снизить расходы на спутниковую связь, компания SkyWave реализовала в серии спутниковых терминалов IDP 600 возможность организовать бесшовную отправку последовательных данных с главного узла SCADA на удаленный блок RTU/подчиненный узел. [3] Эта функция называется IP SCADA для IsatData Pro и позволяет операторам сети SCADA быстро подключать удаленные объекты к имеющейся системе SCADA без необходимости изменения инфраструктуры сети.

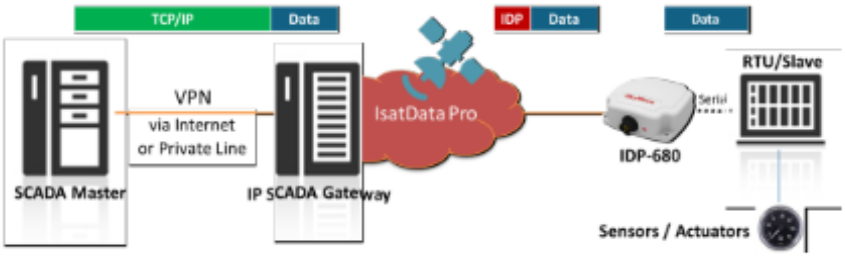

Рисунок 2.3 - Бесшовная отправка последовательных данных с использованием терминалов спутниковых сообщений

В предлагаемой альтернативной архитектуре блок RTU подключается к спутниковому терминалу серии IDP 600 через встроенный последовательный порт. На другом конце сервер инкапсулирует последовательные данные в IP-пакеты и передает IP- адрес спутникового терминала главному узлу системы SCADA. При использовании таких протоколов, как Modbus RTU, данная архитектура может сократить расходы на связь на 80 %. Показанная на рисунке 2.3 бесшовная отправка последовательных данных по спутниковому каналу экономически целесообразна при опросе сравнительно небольшого числа параметров оборудования. При выполнении опросов несколько раз в час объем передаваемых данных будет составлять несколько килобайт в месяц и затраты на эту передачу будут минимальны.

Информация собирается с датчиков в трубопроводах и отправляется в главный узел, где происходит ее дальнейшее преобразование, и отправка на спутниковый терминал.

2.2 Датчики в трубопроводах

Датчики давления используются для измерения давления в рабочей жидкости. Датчики позволяют измерять как абсолютное, так и дифференциальное давление в широком диапазоне разности давлений без использования дополнительного датчика и подвода в рабочую полость датчика внешнего атмосферного давления. Датчик для измерения давления рабочей жидкости содержит корпус датчика, имеющий сформированную в нем полость, прогибаемую диафрагму в полости, первичный электрод, соединенный со стенкой полости для образования первичного конденсатора, вторичный электрод, соединенный со стенкой полости для образования вторичного конденсатора, и электрическую схему, соединенную с первичным и вторичным конденсаторами, предназначенными для расчета давления в трубопроводе с рабочей жидкостью, как функции изменения в первичном и во вторичном конденсаторе при изменении размера полости под действием первого давления в рабочей жидкости. Трансмиттеры используются в системах мониторинга и управления процессом для измерения различных переменных процессов в промышленных производствах. Один из них измеряет давление рабочей жидкости в технологическом процессе. В датчиках давления, используемых в таких трансмиттерах, применяются различные технические решения. Одним из технических решений является использование деформируемых диафрагм. Измеряется емкость по отношению к диафрагме, которая образует одну из пластин конденсатора. В результате того, что диафрагма прогибается под действием приложенного давления, измеряемая емкость изменяется. [4]

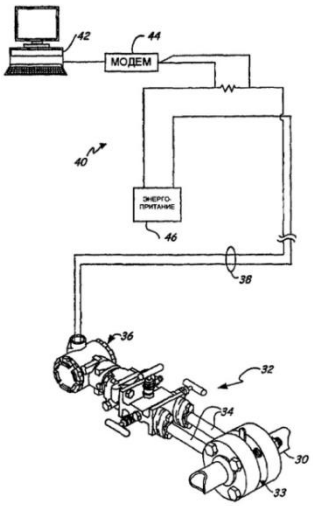

Рисунок 2.4 - Схема системы измерения процесса с трансмиттером процесса

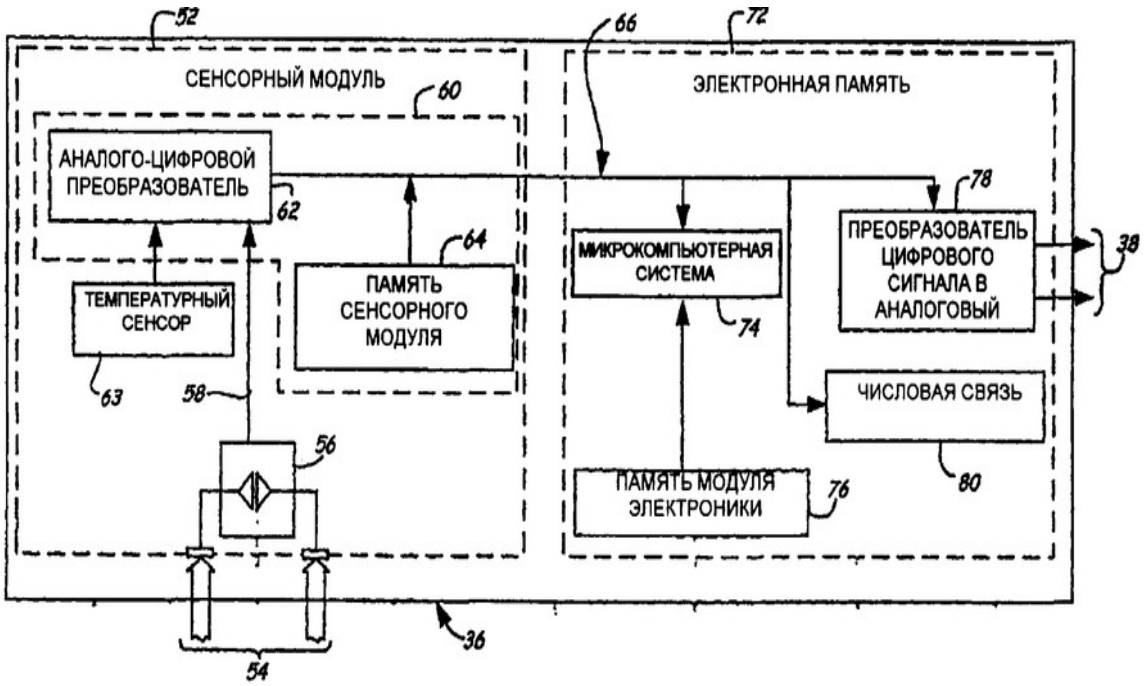

Рисунок 2.5 - Блок-схема трансмиттера

2.2.1 Самовсасывающие насосы

Самовсасывающие насосы используются для измерения изменения давления при транспортировке жидкости в трубопроводе, и может быть использовано в нефтегазовой отрасли и коммунальном хозяйстве для обнаружения утечек в трубопроводах по профилю давления в нем. Техническим результатом изобретения является повышение чувствительности и точности измерения изменения давления в трубопроводе. Способ измерения изменения давления в трубопроводе при транспортировке жидкости с помощью датчика давления, установленного в контролируемом сечении трубопровода, заключается в использовании дифференциального датчика давления, один вход которого соединяют непосредственно с трубопроводом, а второй вход соединяют через управляемый клапан с трубопроводом в том же сечении. Запоминают давление на момент включения управляемого клапана и измеряют изменение давления по отношению к запомненному значению давления в трубопроводе. Устройство для измерения изменения давления в трубопроводе при транспортировке жидкости содержит дифференциальный датчик давления с двумя входами. Один вход датчика, являющийся контролирующим, подключен непосредственно к трубопроводу в контролируемом сечении, а второй вход подключен к тому же сечению трубопровода через управляемый клапан для запоминания давления в трубопроводе до его изменения. [5]

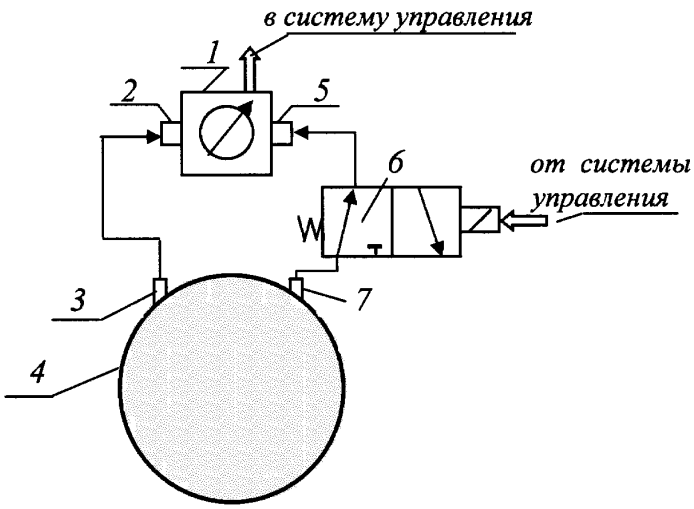

Рисунок 2.6 – Дифференциальный датчик давления

2.2.2 Преобразователи давления

В качестве датчиков давления используются преобразователи давления CERABAR-M PMC41-RE21S5A21M2 (фирма изготовитель – Endress+Hauser GmbH+Co, Германия) и преобразователи давления SENSYCON 21/13 (фирма изготовитель – Sensycon Hartmann&Braun, входящая в группу ABB). Данные преобразователи давления предназначены для измерения избыточного и абсолютного давления газов, паров и жидкостей в разнообразных технологических процессах.

В данном разделе рассматривается система передачи данных с помощью системы SCADA, которая осуществляет сбор и формирование телеметрической и управляющей информации. Выбрано устройство, используемое в системе SCADA - терминалы спутниковых сообщений, необходимых для контроля потока газа, катодной защиты и мониторинга состояния компрессоров. Терминалы такого типа используются на объектах, где другие способы связи недоступны. Также описаны датчики давления, которые измеряют изменение давления при транспортировке жидкости в трубопроводе. Приведены их блок-схемы.

3 Оборудования для передачи информации между крупными центрами

3.1 Мультиплексор MP-2104

Внешний канал связи - нефтегазоконденсатное месторождение «Karachaganak Petroleum Operating» служит основным (наземным) каналом передачи информации на сервер Оренбургского завода. Данный канал организован на базе двух мультиплексоров RAD MP-2104, установленных в помещении связи месторождения и серверной «КРО». RAD MP-2104 является модульным мультиплексором доступа. В данной комплектации обеспечивает передачу и прием одного потока E1 (2048 кбит/с, ITU G.703) в качестве магистрального канала, а также 4-х каналов V.24 (RS-232) и 4-х каналов E&M (V тип), передаваемых посредством таймслотов магистрального потока E1. Типовая конфигурация применения мультиплексоров MP-2104 приведена на рисунке 3.1. В данной конфигурации пара мультиплексоров MP-2104 обеспечивает передачу данных и голоса по интерфейсам V.24 и E&M соответственно.

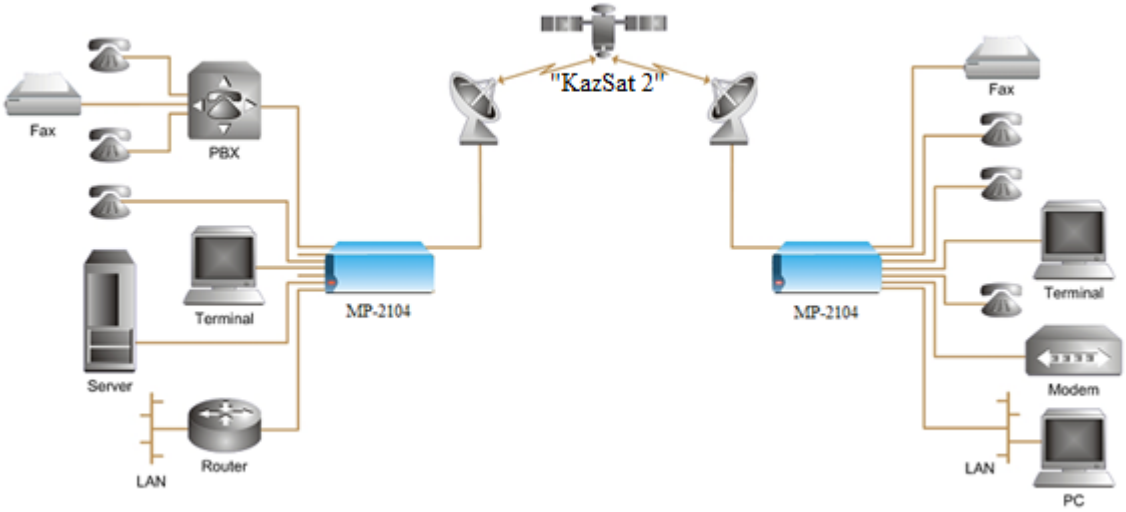

Рисунок 3.1 - Типовая конфигурация пары мультиплексоров MP-2104.

3.1.1 Интерфейс V.24 (плата HS-RN)

В данной комплектации MP-2104 для передачи данных V.24 (RS-232)

используется низкоскоростной модуль HS-RN на 4 канала.
Вид панели модуля V.24 приведен на рисунке 3.2.

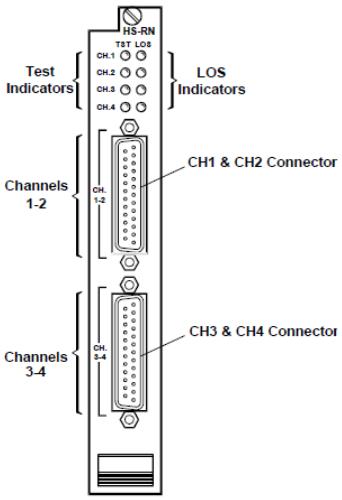

Рисунок 3.2 - Вид панели модуля V.24

Панель HS-RN включает два индикатора состояния каждого канала:
- TST (желтый): горит, когда на соответствующем канале активирован тест или петля;
- LOS (красный): горит, когда магистральный канал теряет синхронизацию, либо соответствующий канал теряет синхронизацию протокола с удаленным концом (для каналов 64 Кбит/с и 56 Кбит/с и двунаправленного режима обозначает только синхронизацию магистрального канала). Когда к каналу ничего не подключено, индикатор LOS не горит.

Таблица 3.1 – Спецификация мультиплексора MP-2104:

Параметры каналов E1:	
Применяемые стандарты	ITU-T. Rec. G.703, G.823
Линейный код	HDB3
Контрольный порт Ethernet:	
Физический интерфейс:	10/100 BASE T
Скорость передачи:	10/100 Мбит/с

Продолжение таблицы 3.1

Режим передачи:	
Полный/полудуплекс;	
Автоопределение вкл/выкл;	
Коннектор:	
экранированный RJ-45	
Источник питания переменного тока AC:	
- диапазон входного напряжения:	115-230 В переменного тока
- диапазон частот:	50 Гц
- максимальная потребляемая мощность:	300 Вт
Условия эксплуатации:	
- рабочая температура:	0- 45 °С
- Влажность:	до 90%, без конденсата
Габариты и вес:	
- габариты корпуса:	Ш 440 х Г 330 х В 90 мм.

3.2 Маршрутизатор Cisco 2801

Архитектура маршрутизаторов Cisco 2801 основывается на мощной серии мультисервисных маршрутизаторов доступа Cisco 2600, предлагая дополнительные постройки функции безопасности, улучшена производительность памяти и расширенны возможности новой высокой плотности интерфейса. Благодаря достигнутым показателям производительности, доступности и надежности маршрутизаторы серии Cisco 3800 становятся незаменимыми для важных бизнес-приложений, которые используются в наиболее сложных рабочих условиях. [6]

Показатели производительности и плотности портов маршрутизаторов с интегрированными услугами серии Cisco 2801 отвечают всем требованиям, которые предъявляют предприятия среднего размера, а также малые и средние филиалы крупных предприятий к защищенным, одновременно

предоставляемым услугам, а также требованиям к управляемым услугам, предъявляемым операторами связи – без ущерба для производительности маршрутизатора. Производительность и плотность маршрутизаторов серии Cisco 2801 удовлетворяет все требования, предъявляемые средними предприятиями, а также малыми и средними филиалами крупных предприятий, также требования для управляемых услуг, требования к операторам - без ущерба для производительности маршрутизатора. Маршрутизаторы серии Cisco 2801 поддерживают самые эффективные в отрасли решения IP-коммуникаций. Начиная с традиционной телефонии и до функций, таких как обработка мультимедийных вызовов, системы связи, автоматический оператор– все это предоставляет пользователям достаточно широкие возможности по адаптации решений под свои конкретные требования.

Таблица 3.2- Технические характеристики маршрутизатора Cisco 2801:

Память DRAM	По умолчанию: 128 Mb, максимум: 384 Mb
Память Compact Flash	По умолчанию: 64 Mb, максимум: 128 Mb
Встроенные USB 1.1 ports	2
Встроенные порты LAN	2-10/100
Встроенный AIM (внутренний)слот	2
Количество слотов для интерфейсных модулей	4 слота: 2 слота HWIC, WIC, VIC
Слоты для сетевых модулей	0
PVDM (DSP) слоты на материнской плате	2
Встроенное аппаратное ускорение шифрования	Да
Встроенная аппаратная поддержка VPN	DES, 3DES, AES 128, AES 192, and AES 256
Консольный порт управления (up to 115.2 kbps)	1
Auxiliary порт (up to 115.2 kbps)	1
Минимальная версия ПО Cisco IOS	12.3(8)T

3.3 Терминалы SkyWave

Рисунок 3.3 – IDP – 680 Терминал наземного применения

Терминалы серии IDP 600 используют двухстороннюю спутниковую связь IsatData Pro для мониторинга и менеджмента подвижных и статических объектов в любой точке мира.

Таблица 3.3 – Характеристики терминала SkyWave

Спутниковая связь	
Спутниковая система	Двухсторонняя, IsatData Pro
Покрытие	Глобальное
Сообщение от терминала	6,400 байт
Сообщение к терминалу	10,000 байт
Среднее время доставки	< 15 с, 100 байт
Угол элевации	+20° до +90° (IDP - 680) -15° до +90° (IDP - 690)
Диапазон частот	8 МГц
EIRP (IDP - 680/ IDP - 690)	7.0 дБВт/ 5,0 дБВт
Glonass/ GPS	
Время обнаружения	Горячий запуск: 1 с
Точность	Слежение: -158 дБм (Glonass), -162 дБм (GPS)
Чувствительность	Обнаружение: -147 дБм, слежение: -159 дБм

Продолжение таблицы 3.3

Внешние интерфейсы	
Вводы/ выводы	4 аналоговых или цифровых
Последовательные	1 – RS232, 1 – RS485
Электрические характеристики	
Входное напряжение	9 до 32 В Защита от сброса нагрузки: +150 В
В среднем потребление энергии (при напряжении 12 В постоянного тока, 22° С)	Прием: 8,3 мА Передача: 0,75 мА Спящий режим: 100 мкА
Программные возможности	
Программная система Lua. ПО разработчика с графическим интерфейсом. Возможность обновления Lua – приложений по беспроводному каналу связи.	
Включенные функции	Виртуальные границы, регистр данных, отчет о GPS-позиции
Память, предназначенная для пользователя	2 Мбайт для данных, файлов, в том числе регистра данных
Условия эксплуатации	
Рабочая температура	-40° С до +85° С
Защита от пыли и влаги	IP67
Вибрация	SAEJ1455 (Sec 4.9.4.2 fig 6-8) MIL- STD - 810G (Sec 514.6)
Ударное воздействие	MIL- STD - 810G (Sec 516.6)
Защита от сброса нагрузки	SAEJ1455 (Sec 4.13)

3.3.1 Интеллектуальные терминалы и преимущества их применения на удаленных объектах

Спутниковые терминалы с поддержкой интеллектуальной обработки данных способны еще сильнее расширить функциональность систем SCADA и решений для мониторинга удаленных объектов. Интеллектуальный терминал помимо функций обычного модема способен обрабатывать локальные данные с последовательного порта входов и выходов и принимать решения на основе этих данных.

Возможности интеллектуальной системы спутниковых сообщений:

- отправка уведомлений о критических сигналах(реакция на изменение дискретного значения на входе, например величины давления или замыкания контакта, либо изменение параметра считанного локально с блока RTU);
- управление удаленными устройствами(возможность управления инструментами и оборудованием, например клапанами и реле позволяет снизить вероятность повреждения и преждевременного износа систем, а также обеспечить безопасность сотрудников, выполняющих обслуживание удаленных объектов);
- периодическое обновление состояния системы(периодические контрольные сообщения позволяют подтверждать рабочее состояние системы, а расходы на регулярную отправку измеряемых показателей через определенные интервалы, примерно вдвое ниже расходов на обычные опросы);
- работа в качестве блока RTU(в простых случаях при использовании небольшого числа входных значений интеллектуальный терминал спутниковой связи может полностью заменить блок RTU. Спутниковый терминал способен как отправлять пользовательское сообщение, либо сжатый двоичный пакет данных, так и отправлять и принимать более традиционные запросы по протоколу Modbus. Фактически, главный узел может опрашивать спутниковые терминалы таким же образом, как и обычные блоки RTU);
- энергоэффективность(другой важный фактор при развертывании системы на удаленных объектах- энергопотребление. Спутниковые терминалы существенно экономичнее многих традиционных систем связи, так как они разработаны с учетом не постоянной работы, а связи по расписанию, либо по возникновению событий. Спутниковый терминал высокого класса способен переходить в различные энергосберегающие или спящие режимы. Его можно настроить на пробуждение по локальному событию или по расписанию для получения входящих опросов. Пониженное энергопотребление не только дает возможность использовать меньшие аккумуляторы и солнечные панели, но и позволяет снизить затраты на элементы, структуры, такие как опоры и ветровые связи);

29

Рисунок 3.4 - Прямые события со входов и выходов интеллектуального спутникового терминала

- энергоэффективность(другой важный фактор при развертывании системы на удаленных объектах- энергопотребление. Спутниковые терминалы существенно экономичнее многих традиционных систем связи, так как они разработаны с учетом не постоянной работы, а связи по расписанию, либо по возникновению событий. Спутниковый терминал высокого класса способен переходить в различные энергосберегающие или спящие режимы. Его можно настроить на пробуждение по локальному событию или по расписанию для получения входящих опросов. Пониженное энергопотребление не только дает возможность использовать меньшие аккумуляторы и солнечные панели, но и позволяет снизить затраты на элементы, структуры, такие как опоры и ветровые связи);

- наличие резервного канала связи(терминалы спутниковых сообщений также позволяют иметь недорогой резервный канал связи на случай обрыва основной наземной линии или ухудшения качества связи из-за погоды чрезвычайных происшествий и по другим причинам). [7]

3.3.2 Выбор системы спутниковых сообщений

Компания SkyWave предлагает ряд интеллектуальных терминалов спутниковых сообщений для систем SCADA и мониторинга удаленных объектов. Терминалы семейства IDP 600 (IDP-680/IDP-690) работают в сети Inmarsat и используют спутниковую связь IsatData Pro, которая оптимизирована для приложений SCADA и мониторинга пересылающих до нескольких сотен килобайт данных в месяц.

Терминалы IDP обладают следующими особенностями:

- IP SCADA и 2 последовательных порта позволяют легко подключаться к удаленным устройствам, таким как блоки RTU, с использованием бесшовной последовательной связи;

- 4 цифроаналоговых входа-выхода для контроля показаний датчиков и управления удаленных устройств;

- встроенная система интеллектуальной обработки поддерживает Modbus, DNP3 и другие протоколы, позволяет реагировать на изменения дискретных значений, поддерживает периодические контрольные сообщения и функции блока RTU.

-режимы пониженного энергопотребления повышают энергоэффективность терминала и снижают затраты на электропитание.

Преимущества всех терминалов SkyWave:

- низкая совокупная стоимость владения(низкие расходы на установку и обслуживание позволяют организовать мониторинг и управление активами, подключение которых к другим системам нецелесообразно);

- долгий срок службы(Терминалы SkyWave используют спутниковую сеть Inmarsat, которая будет функционировать как минимум до 2020 года и является оптимальным вариантом для долгосрочного использования);

- малое время отклика(малое время отклика или низкая задержка означает моментальную реакцию на события. В течение минуты после возникновения события можно получить уведомление об этом и соответствующим образом отреагировать, например изменив параметры);

- двусторонняя связь(возможность удаленной настройки интервала между отчетами и условий их отправки позволяют тщательно следить за состоянием объекта либо снизить расходы на передачу);

- масштабируемость(размер сообщения может изменяться от нескольких байт до килобайт за пакет. Динамическое добавление спутниковых каналов по мере распространения спутниковой связи в отдельном регионе гарантирует стабильное качество связи);

- безопасность(поддерживается связь через Интернет с шифрованием по SSL по виртуальной частной сети (VPN) и по выделенному каналу в центр обработки данных SkyWave).

В данной главе подробно описаны оборудования для передачи информации между крупными центрами, принципы их действия и технические характеристики. К ним относятся: мультиплексор MP-2104, который объединяет информацию поступающую с сервера, телефонов, факсов, терминалов и т.д., маршрутизатор Cisco 2801, выполняющий такие функции как обработка мультимедийных вызовов, система передачи сообщений, автоматическая операторская служба и т.д. и терминалы SkyWave, которые еще сильнее расширили функциональность системы SCADA для мониторинга удаленных объектов. Эти терминалы способны обрабатывать локальные данные с последовательного порта входов и выходов и принимать решения на основе этих данных.

4 Принцип организации спутниковой связи

Спутниковая связь — один из видов радиосвязи, основанный на использовании искусственных спутников земли в качестве ретрансляторов.

Спутниковая связь осуществляется между земными станциями, которые могут быть как стационарными, так и подвижными. Спутниковая связь является развитием традиционной радиорелейной связи путем вынесения ретранслятора на очень большую высоту (от сотен до десятков тысяч км). Так как зона его видимости в этом случае — почти половина Земного шара, то необходимость в цепочке ретрансляторов отпадает. Для передачи через спутник сигнал должен быть модулирован. Модуляция производится на земной станции. Модулированный сигнал усиливается, переносится на нужную частоту и поступает на передающую антенну.

Орбиты, на которых размещаются спутниковые ретрансляторы, подразделяют на три класса:

- экваториальные,
- наклонные,
- полярные.

Важной разновидностью экваториальной орбиты является геостационарная орбита, на которой спутник вращается с угловой скоростью, равной угловой скорости Земли, в направлении, совпадающем с направлением вращения Земли. Очевидным преимуществом геостационарной орбиты является то, что приемник в зоне обслуживания «видит» спутник постоянно. Однако геостационарная орбита одна, и все спутники вывести на неё невозможно. Другим её недостатком является большая высота, а значит, и большая цена вывода спутника на орбиту. Кроме того, спутник на геостационарной орбите неспособен обслуживать земные станции в приполярной области. [8]

Наклонная орбита позволяет решить эти проблемы, однако, из-за перемещения спутника относительно наземного наблюдателя необходимо запускать не меньше трех спутников на одну орбиту, чтобы обеспечить круглосуточный доступ к связи.

Полярная орбита — предельный случай наклонной.

При использовании наклонных орбит земные станции оборудуются системами слежения, осуществляющими наведение антенны на спутник. Станции, работающие со спутниками, находящимися на геостационарной орбите, как правило, также оборудуются такими системами, чтобы компенсировать отклонение от идеальной геостационарной орбиты. Исключение составляют небольшие антенны, используемые для приема спутникового телевидения: их диаграмма направленности достаточно широкая, поэтому они не чувствуют колебаний спутника возле идеальной точки. Особенностью большинства систем подвижной спутниковой связи является маленький размер антенны терминала, что затрудняет прием сигнала.

4. 1 Выбор спутникового сегмента.

Для расчета энергетики радиолиний зададимся исходными данными. Выберем в качестве используемого ИСЗ спутник KazSat 2 (86,5° в.д.). Это геостационарный спутник, луч которого в Ku-диапазоне покрывает Казахстан, страны Центральной Азии и центральную часть России. Техническая спецификация спутника приведена ниже, зона покрытия - на рисунке 4.1.

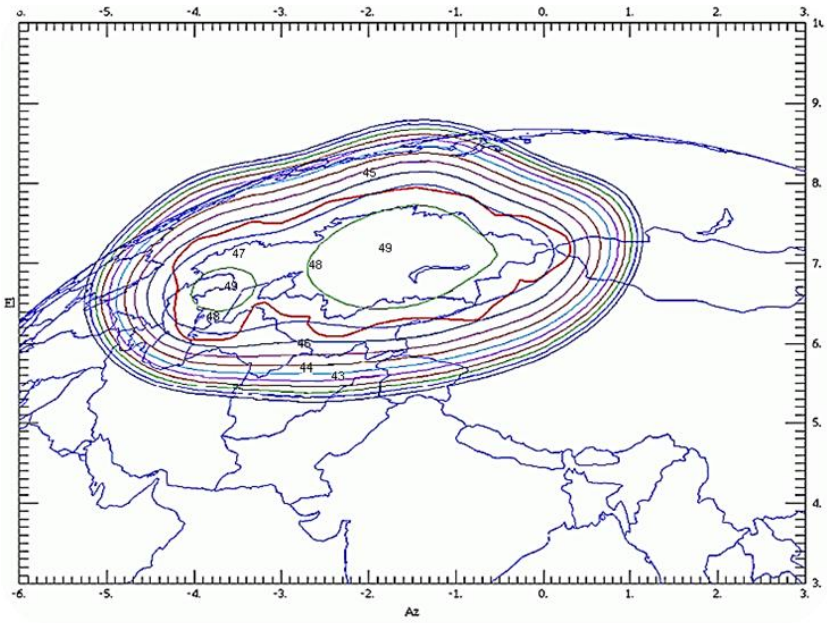

Рисунок 4.1 – Зона покрытия КА «KazSat 2»

4.2 Технические характеристики КА "KazSat 2"

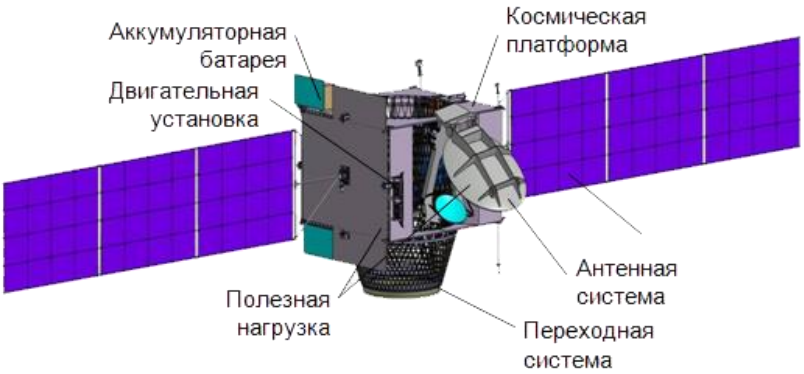

Рисунок 4.2 – Спутник «KazSat 2»

Таблица 4.1 - Основные характеристики «KazSat 2»

Точка стояния ГСО	86,5 град. в.д.
Масса КА, кг	1330
Точность ориентации, град	0,1
Точность позицион., град	± 0,05
Мощность СБ, Вт	4600
Срок активного существования, лет	12,25
Диапазон частот	Ku
Количество стволов	16
Полоса пропускания, МГц	54
Добротность, дБ/ К	5,3
ЭИИМ (ТВ/ связь), дБВт	53,5/ 49
Масса ПН, кг	200

Таблица 4.2 – Частотный план «KazSat 2»

Номер транспондера	Центральная частота на радиолинии вверх, МГц	Центральная частота на радиолинии вниз, МГц	Выходная мощность, Вт	Полоса пропускания, МГц	Поляризация на радиолинии вверх	Поляризация на радиолинии вниз
T1	14031,25	10981,25	45	54	X	Y
T2	14031,25	10981,25	45	54	Y	X
T3	14093,75	11043,75	45	54	X	Y
T4	14093,75	11043,75	45	54	Y	X
T5	14156,25	11106,25	45	54	X	Y
T6	14156,25	11106,25	45	54	Y	X

Продолжение таблицы 4.2

T7	14218,75	11168,75	45	54	X	Y
T8	14218,75	11168,75	45	54	Y	X
T9 (TV)	14281,25	11481,25	115	54	X	Y
T10	14281,25	11481,25	115	54	Y	X
T11 (TV)	14343,75	11543,75	115	54	X	Y
T12	14343,75	11543,75	115	54	Y	X
T13 (TV)	14406,25	11606,25	115	54	X	Y
T14	14406,25	11606,25	45	54	Y	X
T15 (TV)	14468,75	11668,75	115	54	X	Y
T16	14468,75	11668,75	45	54	Y	X
Маяк	-	11199,5	-	-	-	R

4.3 Назначение стволов

Стволы КА обеспечивают прием и передачу различных видов информации (телевидение, телефония, передача данных, радиовещание, видеоконференцсвязь и др.).

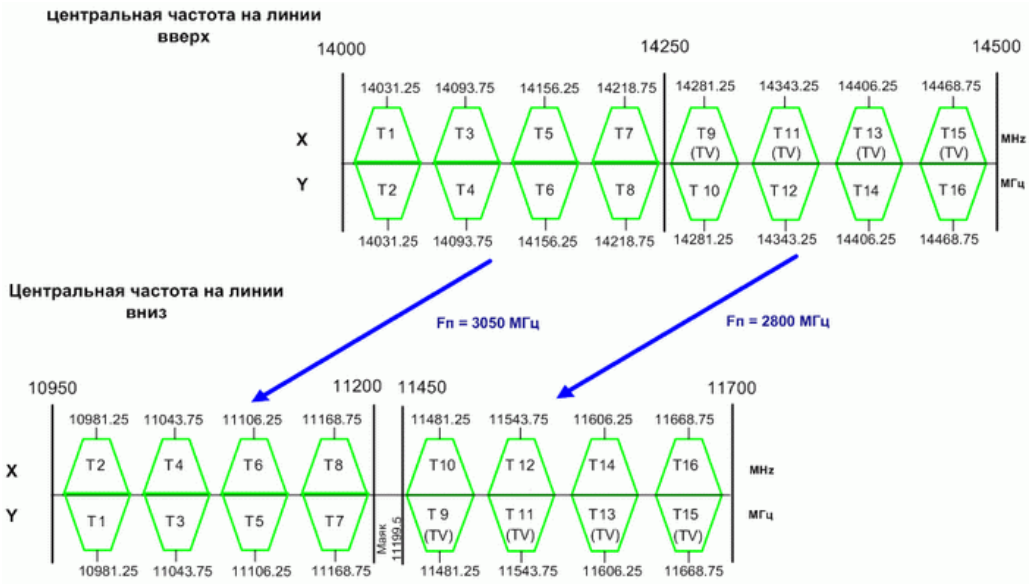

Рисунок 4.3 – Назначение стволов «KazSat 2»

5 Энергетический расчет спутниковых линий передачи данных

Схема проектируемой сети передачи данных изображена на рисунке 5.1.

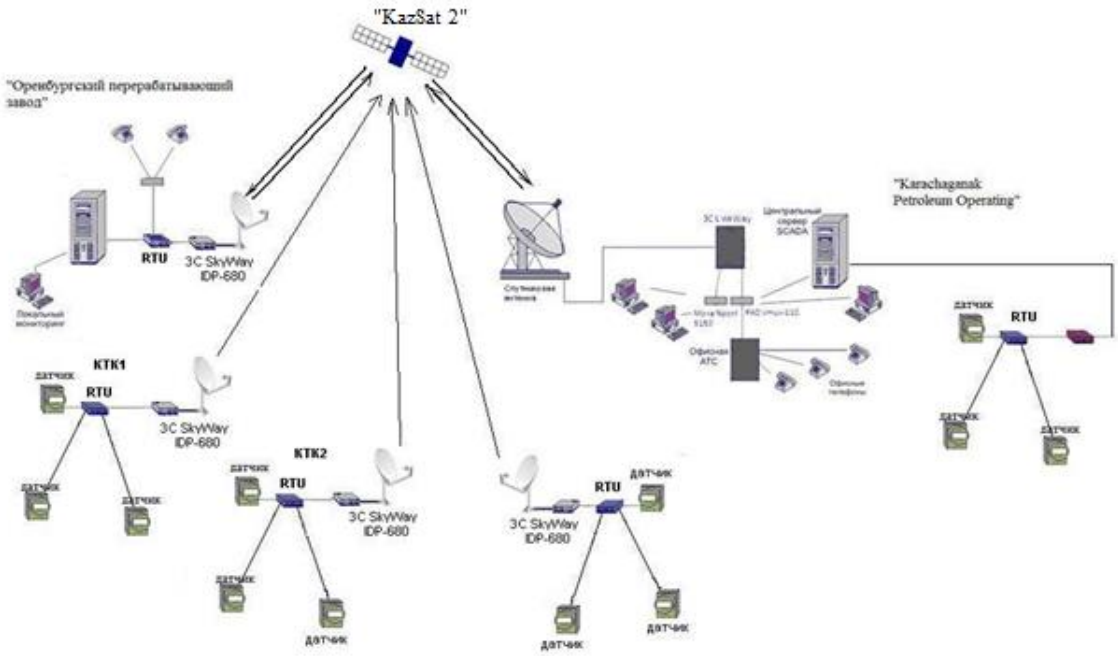

Рисунок 5.1 - Схема проектируемой сети передачи данных

5.1 Расчет параметров установки антенн земных станций

Рассчитаем угол места и азимут на спутник с земных станций по формулам:

$$Az = 180° - arctg\left(\frac{tg\Delta\beta}{sin\xi}\right) \ , \qquad (5.1)$$

где Az – азимут на спутник с земной станции, град;
$\Delta\beta = |\beta_{кс} - \beta_{зс}|$ - разность долгот космической и земной станции, град;
$\beta_{кс}$ – долгота подспутниковой точки, град;
$\beta_{зс}$ – долгота земной станции, град;
ξ – широта земной станции, град.

$$\gamma = arctg\left(\frac{\cos\Delta\beta \cdot \cos\xi - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2\Delta\beta + \cos\Delta\beta \cdot \sin\xi}}\right), \qquad (5.2)$$

где γ – угол места на спутник с земной станции, град;

$\Delta\beta = |\beta_{кс} - \beta_{зс}|$ - разность долгот космической и земной станции, град;
$\beta_{кс}$ – долгота подспутниковой точки, град;
$\beta_{зс}$ – долгота земной станции, град;
ξ – широта земной станции, град.

Таблица 5.1- Координаты городов, где устанавливаются земные станции:

Аксай	$51{,}17^0$ с.ш.	$52{,}99^0$ в.д.
Оренбург	$51{,}77^0$ с.ш.	$55{,}1^0$ в.д.
Тенгиз	$47{,}12^0$ с.ш.	$51{,}88^{0,}$ в.д.

Подставляя исходные данные в формулы (5.1) и (5.2), получаем азимут и угол места для ЗС:

для ЗС1 г.Аксай:

$$\Delta\beta = |\beta_{кс} - \beta_{зс}| = 86{,}5 - 53 = 33{,}5^0$$

$$Az = 180° - arctg\left(\frac{tg\,33{,}5°}{\sin 51{,}17°}\right) = 180^0 - 40{,}22^0 = 139{,}78^0.$$

$$\gamma = arctg\left(\frac{\cos 33{,}5° \cdot \cos 51{,}17° - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 33{,}5° + \cos 33{,}5° \cdot \sin 51{,}17°}}\right) = arctg\left(\frac{0{,}834 \cdot 0{,}627 - 0{,}15126}{\sqrt{0{,}393 - 0{,}834 \cdot 0{,}779}}\right) =$$
$$= 20{,}798°.$$

для ЗС2 г.Оренбург:

$$\Delta\beta = |\beta_{кс} - \beta_{зс}| = 86{,}5 - 55{,}1 = 31{,}4^0$$

$$Az = 180° - arctg\left(\frac{tg\,31{,}4°}{\sin 51{,}77°}\right) = 180° - 44{,}2^0 = 135{,}8^0.$$

$$\gamma = arctg\left(\frac{\cos 31{,}4° \cdot \cos 51{,}77° - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 31{,}4° + \cos 31{,}4° \cdot \sin 51{,}77°}}\right) = 21{,}2^0$$

для ЗС3 г.Тенгиз:

$$\Delta\beta = |\beta_{кс} - \beta_{зс}| = 86{,}5 - 51{,}88 = 34{,}62^0$$

$$Az = 180° - arctg\left(\frac{tg\,34{,}62°}{\sin 44{,}12°}\right) = 180° - 43{,}3 = 136{,}7^0.$$

$$\gamma = arctg\left(\frac{\cos 34{,}62° \cdot \cos 47{,}12° - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 34{,}62° + \cos 34{,}62° \cdot \sin 47{,}12°}}\right) = 23{,}04^0$$

Результаты приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2- Результаты расчетов

Город	ИСЗ «KazSat 2»		
	Δβ, град	Az, град	γ, град
Аксай	33,5	139,78	20,798
Оренбург	31,4	135,8	21,2
Тенгиз	34,62	136,7	23,04

Полученные результаты подтверждают возможность установки двух облучателей на одной антенне для работы с «KazSat 2».

5.2 Расчет затухания сигнала при распространении сигнала

Основная причина затухания радиосигнала, это затухание в свободном пространстве, вызванное сферической расходимостью фронта волны. Данная величина, может быть найдена из формулы 5.3:

$$L_0 = 20\lg\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right), \tag{5.3}$$

где L_0 – затухание энергии в свободном пространстве, дБ;
d – расстояние между ИСЗ и ЗС, м;
$\lambda = c/f$ – длина волны передаваемого сигнала, м;
$c = 3 \cdot 10^8$ – скорость света, м/с;
f – частота сигнала, Гц.

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора ИСЗ по формуле:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos\psi} \tag{5.4}$$

где $\cos\psi = \cos\xi \cos\Delta\beta$;
ξ – широта наземной станции, град.;
$\Delta\beta = |\beta_{кс} - \beta_{зс}|$ – разность долгот космической и земной станции, град.;
d – расстояние от земной станции до спутника, км.

Подставляя исходные данные в формулу определения расстояния, получим расстояния между станциями ЗС-ИСЗ.

Для ЗС1 (г.Аксай) расстояние от земной станции до спутника, составит:

$$d = 42644\sqrt{1-0{,}2954\cdot\cos\xi\cos\Delta\beta} = 42644\sqrt{1-0{,}2954\cdot\cos 51{,}17\cdot\cos 33{,}5} =$$
$$= 42644\sqrt{1-0{,}2954\cdot 0{,}627\cdot 0{,}834} = 39216{,}25\ км.$$

для ЗС2 (г. Оренбург):

$$d = 42644\sqrt{1-0{,}2954\cdot\cos\xi\cos\Delta\beta} = 42644\sqrt{1-0{,}2954\cdot\cos 51{,}77\cdot\cos 31{,}4} =$$
$$= 42644\sqrt{1-0{,}2954\cdot 0{,}619\cdot 0{,}853} = 39174{,}5км.$$

для ЗС3 (г. Тенгиз):

$$d = 42644\sqrt{1-0{,}2954\cdot\cos\xi\cos\Delta\beta} = 42644\sqrt{1-0{,}2954\cdot\cos 47{,}12\cdot\cos 34{,}62} =$$
$$= 42644\sqrt{1-0{,}2954\cdot 0{,}68\cdot 0{,}823} = 38909\ км.$$

Затухание энергии сигнала в свободном пространстве сильно зависит от частоты. При работе с ИСЗ «KazSat 2», согласно частотному плану выбираем рабочие частоты шестого ствола: частота приема ЗС: 11158,33МГц; частота передачи: 14208,33 МГц.

Все земные станции работают с одним стволом бортового ретранслятора, поэтому рабочие длины волн одинаковы для земных станций.

$$\lambda_{ПРД} = \frac{c}{f_{\uparrow}} = \frac{3\cdot 10^8}{14208{,}33\cdot 10^9} = 0{,}021\ м,$$

$$\lambda_{ПРМ} = \frac{c}{f_{\uparrow}} = \frac{3\cdot 10^8}{11158{,}33\cdot 10^9} = 0{,}027\ м.$$

Для ЗС1 (г. Аксай) затухание энергии сигналов в свободном пространстве ЗС1-ИСЗ :

$$L_{0ПРД}\uparrow = 20\lg\left(\frac{4\cdot 3{,}14\cdot 39216{,}25\cdot 10^3}{0{,}021}\right) = 207{,}4\ дБ,\ или\ 5{,}283\cdot 10^{20}\ раз,$$

а на пути распространения ИСЗ-ЗС1:

$$L_{0ПРМ}\downarrow = 20\lg\left(\frac{4\cdot 3{,}14\cdot 39216{,}25\cdot 10^3}{0{,}027}\right) = 205{,}22\ дБ\ или\ 3{,}33\cdot 10^{20}\ раз.$$

Аналогично рассчитываем затухание для остальных ЗС.

Результаты расчета сводятся в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 - Результаты расчетов

Город	ИСЗ «KazSat 2»	
	$L_{0ПРД}$, дБ	$L_{0ПРМ}$, дБ
Аксай	207,4	205,22
Оренбург	207,34	205,2
Атырау	207,33	205,15

Помимо затухания в свободном пространстве, сигнал в линиях спутниковой связи подвержен влиянию большого числа других факторов. Таких как поглощение в атмосфере, рефракция, влияние дождевых осадков и т. д. С другой стороны, на приемное устройство спутника и земной станции кроме собственных флуктуационных шумов воздействуют разного рода помехи в виде излучения космоса, Солнца и планет. В этих условиях правильный и точный учет влияния всех факторов позволяет осуществить оптимальное проектирование системы, обеспечить ее уверенную работу в наиболее трудных условиях и в то же время исключить излишние энергетические запасы, приводящие к неоправданному увеличению сложности аппаратуры земной станции. [13]

Нормы на некоторые качественные показатели спутниковых каналов (например, отношение сигнал–шум) имеют статистический характер. Это заставляет оценивать возмущающие факторы также статистически, т.е. при расчетах вводить не только количественную меру воздействия того или иного фактора, но и вероятность его появления. Необходимо учитывать характер и число передаваемых сигналов, а также характер их преобразования в спутниковом ретрансляторе.

Расчет дополнительного затухания сигнала в атмосфере и дополнительных ослаблений вызванных дождем, туманом и облачностью, из-за рефракции и неточности наведения антенны на ИСЗ производится один раз для линии вверх и линии вниз, так как используются геостационарные ИСЗ и в пределах Казахстана данные параметры будут меняться незначительно.

Большая часть потерь сигнала в тропосфере является случайной, так как зависит не только от длины пути в этой среде и угла места, но и от поглощения сигнала в осадках. Чем выше частота связи, тем больше потери в осадках при заданной их интенсивности, которая, в свою очередь, является случайной.

В тропосфере основные потери вызываются кислородом O_2, водяными парами H_2O и осадками в виде тумана, дождя и снега.

Затухание в гидрометеорах зависит от интенсивности дождя, размеров зоны их выпадения и распределения интенсивности по зоне. Поглощение в тумане, как правило, на порядок меньше, чем при дожде, и при ориентировочных расчетах может не учитываться. Мокрый снег в виде крупных хлопьев, выпадающих на антенну, может вызвать поглощение на 4…6 дБ большее, чем при дожде, однако вероятность такого явления невелика.

5.3 Расчет дополнительного затухания энергии сигнала на линиях вверх и вниз

Дополнительные потери связаны со следующими явлениями:
- поглощение энергии сигнала в газообразной среде атмосферы;
- потери из-за рефракции и неточности наведения антенн:
- фазовые эффекты в атмосфере;
- потери из-за несогласованности поляризаций антенн;
- деполяризация радиоволн в атмосфере.

Таким образом, вышесказанное можно сформулировать как:

$$L_{\text{доп}} = L_{\text{а}} + L_{\text{д}} + L_{\text{н}}, \tag{5.5}$$

где $L_{\text{доп}}$ – дополнительное затухание (потери) сигнала, дБ;
$L_{\text{а}}$ – поглощение энергии сигнала в атмосфере, дБ;
$L_{\text{д}}$ – потери в осадках (дожде, мокром снеге), дБ;
$L_{\text{н}}$ – потери из-за рефракции и неточности наведения антенн, дБ.

5.3.1 Расчет потерь сигнала в нормальной атмосфере

В диапазонах частот, выделенных для спутниковых систем, влияние атмосферы проявляется в виде ослабления (поглощения) радиоволн в тропосфере и ионосфере, искривления траектории радиолуча в результате рефракции, изменения формы и вращение плоскости поляризации радиоволн и появление помех обусловленных тепловым излучением атмосферы и шумами поглощения.

Рассмотрим первый фактор - поглощение радиоволн в атмосфере, который количественно определяется коэффициентом $L_{\text{а}}$. При f > 500 МГц поглощение определяется тропосферой, вернее газами тропосферы – кислородом и водяными парами, дождем и прочими гидрометеорами:

$$L_{\text{а}} = L'_{\text{O2}} l_1 + L'_{\text{H2O}} l_2, \tag{5.6}$$

где L'_{O2} – коэффициент погонного поглощения в кислороде, дБ/км;
L'_{H2O} – коэффициенты погонного поглощения в водяных парах, дБ/км;
l_1 – эквивалентная длина пути сигнала в кислороде, км;
l_2 – эквивалентная длина пути сигнала в водяных парах, км.

Эквивалентная длина пути сигнала в стандартной атмосфере зависит и от эквивалентной толщины атмосферы для кислорода и водяных паров (h_{O2} и h_{H2O}

), а также от угла места антенны земной станции γ и высоты земной станции над уровнем моря h_3.

$$l_1 = \frac{h_{O2} - h_3}{\sin\gamma}, \quad l_2 = \frac{h_{H2O} - h_3}{\sin\gamma} \tag{5.7}$$

где γ – угол места антенны ЗС, град;
h_3 – высота ЗС над уровнем моря, для ЗС1 (г.Аксай) 62 м;
h_{O2} ≈ эквивалентная толщина слоя кислорода в стандартной атмосфере, согласно можно принять равной 5,3 км;
h_{H2O} ≈ эквивалентная толщина слоя водяных паров в стандартной атмосфере, согласно можно принять равной 2,1 км.

Преобразовав формулу (5.6) согласно формуле (5.7) получаем выражение:

$$L_a = \frac{L'_{O2}(h_{O2} - h_3) + L'_{H2O}(h_{H2O} - h_3)}{\sin\gamma} \tag{5.8}$$

Для частоты 14 ГГц :

L'_{O2} = 0,007 дБ/км, L'_{H2O} = 0,015 дБ/км,

Для частоты 11 ГГц :

L'_{O2} = 0,007 дБ/км, L'_{H2O} = 0,006 дБ/км.

Окончательно согласно имеющимся данным, находим ослабление сигнала в атмосфере:

а) для ЗС1 г. Аксай линия вверх:

$$L_a = \frac{0{,}007(5{,}3 - 0{,}062) + 0{,}015(2{,}1 - 0{,}062)}{\sin 20{,}798} = 0{,}072 \text{ дБ}.$$

б) для ЗС1 г.Аксай линия вниз:

$$L_a = \frac{0{,}007(5{,}3 - 0{,}062) + 0{,}006(2{,}1 - 0{,}062)}{\sin 20{,}798} = 0{,}053 \text{ дБ}.$$

Таблица 5.4 - Ослабление сигнала в атмосфере

Город	$L_{a\uparrow}$, дБ	$L_{a\downarrow}$, дБ
Аксай	0,072	0,053
Оренбург	0,093	0,068
Тенгиз	0,08	0,058

5.4 Расчет ослабления уровня сигнала, вызванного дождем

Интенсивность рассеивания и поглощения энергии радиоволн в дожде зависит от интенсивности дождя I_m мм/ч. Кроме того, существенную роль играют размер области, занятой дождем, электрические свойства частиц, климатический район расположения наземной станции, а также такой фактор,

как неравномерность дождя. Дожди сильной интенсивности локализованы и имеют ярко выраженное ядро большой интенсивности, а также обширную зону, в которой интенсивность убывает по мере удаления от ядра. Характерно и то, что чем выше интенсивность дождя, тем меньше его продолжительность. Важным фактором для расчетов ослабления сигнала в дождях является также их средняя продолжительность в данном климатическом районе или среднегодовая интенсивность, которая для этого района не превышает реальную продолжительность 99% времени в году, или, наоборот, превышает ее 0,01% времени. [10] Строгая количественная оценка коэффициента ослабления в дожде с учетом всех влияющих факторов затруднена и обычно используют усредненные эмпирические оценки для той или иной климатической зоны с учетом данных многочисленных экспериментальных наблюдений. Интенсивность дождя различна в разных географических районах и в разное время года. Казахстан согласно Рекомендациям МСЭ относится к зоне Е, следовательно, интенсивность дождя для 0,001% худшего времени года составляет $I_д$=22 мм/ч. Чтобы определить ослабление сигнала в дожде на линии ЗС–ИСЗ (или ИСЗ–ЗС), необходимо знать длину пути сигнала в дожде. Очевидно, высота дождя определяется высотой изотермы 0°С (или уровнем замерзания воды), ниже которой ледяные капли дождя переходят в жидкую фазу. Согласно Рекомендации МСЭ средняя высота нулевой изотермы определяется формулой:

$$h_{\text{Е}} = 5{,}1 - 2{,}151 \cdot \lg(1 + 10^{\frac{\xi - 27^\circ}{25}}), \qquad (5.9)$$

где $h_{\text{Е}}$ – средняя высота нулевой изотермы, км;
ξ – широта земной станции, град.

Высота дождя определяется умножением h_E на эмпирический коэффициент, который учитывает, что в тропических зонах высота дождя часто значительно ниже уровня замерзания:

$$h_{\text{Д}} = C \cdot h_{\text{Е}}, \qquad (5.10)$$

где: $C = 0{,}6$ при $0^\circ \le |\xi| < 20^\circ$

$C = 0{,}6 + 0{,}02(|\xi| - 20)$ при $20^\circ \le |\xi| \le 40^\circ$

$C = 1$ при $|\xi| > 40^\circ$

Для климатической зоны Казахстана C = 1 (согласно статистическим данным), => $h_{\text{Д}} = h_E$.

Необходимо также учесть пространственную неравномерность дождя в горизонтальном направлении. Длина пути сигнала, по наклонной трассе от станции до высоты дождя определяется как:

$$d_{Д} = \frac{2(h_{Д} - h_{З})}{\sqrt{\sin^2\gamma + 2(h_{Д} - h_{З})} + \sin\gamma}, \text{ при } \gamma<10^{\circ}, \quad (5.11)$$

$$d_{Д} = \frac{(h_{Д} - h_{З})}{\sin\gamma}, \text{ при } \gamma>10^{\circ}, \quad (5.12)$$

где $d_{Д}$ – длина пути сигнала, по наклонной трассе от ЗС до высоты дождя, км;

$h_{З}$ – высота ЗС над уровнем моря, км;

γ – угол места антенны ЗС, град.

Также для расчёта необходимо знать горизонтальную проекцию наклонной трассы, которую можно определить по выражению:

$$d_{Г} = d_{Д} \cdot \cos\gamma, \quad (5.13)$$

где $d_{Г}$ – горизонтальная проекция наклонной трассы, км;

$d_{Д}$ – длина пути сигнала, по наклонной трассе от ЗС до высоты дождя, км;

γ – угол места антенны ЗС, град.

А также фактор уменьшения, учитывающий неравномерность дождя для 0,01% времени:

$$r_{0.01} = \frac{90}{90 + 4d_{Г}}, \quad (5.14)$$

где $r_{0,01}$ – фактор уменьшения, безразмерная величина;

$d_{Г}$ – горизонтальная проекция наклонной трассы, км;

Окончательно ослабление сигнала в дожде определяется, как значение превышаемое в 0,01% среднего года, по формуле:

$$L_{Д} = L'_{Д} \cdot r_{0.01} \cdot d_{Д}, \quad (5.15)$$

где $r_{0,01}$ – фактор уменьшения, безразмерная величина;

$d_{Д}$ – длина пути сигнала, по наклонной трассе от ЗС до высоты дождя, км;

$L'_{Д}$ – погонное ослабление сигнала в дожде $L'_{Д}$, дБ/км.

Функции погонного ослабления $L'_{Д}$ для данной интенсивности $I_{д}$, в диапазоне частот 9…30 ГГц могут быть аппроксимированы степенной зависимостью:

$$L'_{Д} = \theta_{Д} \cdot I_{Д}^{\psi_{Д}}, \quad (5.16)$$

где коэффициенты $\psi_{Д}$ и $\theta_{Д}$ являются функциями частоты и равны:

$$\psi_{Д} = 1{,}47 - 0{,}09\sqrt{f}, \quad (5.17)$$

$$\theta_{Д} = -10^{-3} + 5.1 \cdot 10^{-5} f^{2,45}, \qquad (5.18)$$

при этом частота f выражена в ГГц.

Согласно методике предложенной в Рекомендациях МСЭ и рассчитанным данным, применительно к рассматриваемому случаю, получаем:

Для участка ЗС1-ИСЗ (линия вверх и линия вниз):

1) средняя высота нулевой изотермы и высота дождя формулы (5.9) и (5.10):

$$h_{Е} = h_{Д} = 5{,}1 - 2{,}151 \cdot \lg(1 + 10^{\frac{51{,}17^{\circ} - 27^{\circ}}{25^{\circ}}}) = 2{,}92 \text{ км},$$

2) длина пути сигнала, по наклонной трассе от станции до высоты дождя:

$$d_{Д} = \frac{(2{,}92 - 0{,}062)}{\sin 20{,}798} = 3{,}08 \text{ км, так как } \gamma = 20{,}798$$

3) горизонтальная проекция наклонной трассы:

$$d_{Г} = 3{,}08 \cdot \cos 20{,}798 = 1{,}14 \text{ км}.$$

4) фактор уменьшения, учитывающий неравномерность дождя для 0,01% времени:

$$r_{0.01} = \frac{90}{90 + 4{,}56} = 0{,}95.$$

Для нахождения погонного ослабления найдем сначала коэффициенты $\psi_{Д}$ и $\theta_{Д}$.

на частоте 14 ГГц:

$$\psi_{Д} = 1{,}47 - 0{,}09\sqrt{14} = 1{,}1333, \theta_{Д} = -10^{-3} + 5.1 \cdot 10^{-5} 14^{2,45} = 0{,}0318$$

на частоте 11 ГГц:

$$\psi_{Д} = 1{,}47 - 0{,}09\sqrt{11} = 1{,}1715, \theta_{Д} = -10^{-3} + 5.1 \cdot 10^{-5} 11^{2,45} = 0{,}0172$$

Коэффициенты $\psi_{Д}$ и $\theta_{Д}$ для ЗС2 те же, значение погонного ослабления в дожде $L'_{Д}$ для интенсивности $I_{Д}$=22 мм/ч будет:

на частоте 14 ГГц:

$$L'_{Д} = 0{,}0318 \cdot 22^{1,1333} = 1{,}054 \text{ дБ/км}$$

на частоте 11 ГГц:

$$L'_{Д} = 0{,}0172 \cdot 22^{1{,}1715} = 0{,}67 \text{ дБ/км}$$

в итоге имеем ослабление сигнала равное:

на частоте 14 ГГц:

$$L_{Д} = 1{,}054 \cdot 0{,}95 \cdot 3{,}08 = 3{,}08 \text{ дБ};$$

на частоте 11 ГГц:

$$L_{Д} = 0{,}67 \cdot 0{,}95 \cdot 3{,}08 = 1{,}96 \text{ дБ}.$$

Таблица 5.5 - Ослабление уровня сигнала, вызванного дождем

Город	h_E=$h_Д$, км	$d_Д$,км	$d_Г$, км	$r_{0.001}$	$L_Д$↑, дБ	$L_Д$↓, дБ
Аксай	2,92	3,08	1,14	0,95	3,08	1,96
Оренбург	2,88	3,4	2,39	0,9	3,4	2,05
Тенгиз	3,23	3,74	1,86	0,92	3,63	2,3

5.5 Расчет ослабления уровня сигнала, из-за рефракции и неточности наведения антенны на ИСЗ

Рефракция радиоволн приводит к образованию угла между истинным и кажущимся направлениями на спутник, в результате чего появляется дополнительное ослабление сигнала, вызванное неверным наведением антенны земной станции и спутника друг на друга. Угловое отклонение, вызванное рефракцией, составляет несколько десятых долей градуса и может быть скомпенсировано или сведено к минимуму предварительной коррекцией направленности антенн. При автоматическом наведении антенн по максимуму сигнала влияние рефракции практически исключается. Так как в диапазонах 14/11 ГГц и выше влияние рефракции пренебрежимо мало, то не будем его учитывать вообще. [11] Однако дополнительно могут возникнуть потери из-за неточности наведения антенны, которые зависят от метода и конструкции (включая механическую часть) устройства наведения. Этот вид потерь носит неподдающийся оценке статистический характер, и может примерно на 0,2 дБ увеличить общие потери, таким образом:

$$L_{н} \approx 0{,}2 \text{ дБ}.$$

Поляризационные потери складываются из потерь, вызванных несогласованностью поляризации, потерь, связанных с эффектом Фарадея, и потерь из-за деполяризации радиоволн в осадках. Для частот выше 10ГГц в спутниковых системах используют линейную поляризацию, так как в этом случае поляризационные потери незначительны и ими можно пренебречь.

Окончательно, воспользовавшись выражением (5.5) получаем значение дополнительных потерь:

а) для ЗС1 линия вверх:

$$L_{доп} = 0{,}072 + 3{,}08 + 0{,}2 = 3{,}352 \text{ дБ или } 2{,}16 \text{ раз.}$$

б) для ЗС1 линия вниз:

$$L_{доп} = 0{,}053 + 1{,}96 + 0{,}2 = 2{,}213 \text{ дБ или } 1{,}66 \text{ раз}$$

В программе Mathcad были проведены аналогичные вычисления для других городов.

5.6 Энергетические характеристики радиолинии

Спутниковая радиолиния состоит из участка ЗС-ИСЗ линия вверх, ИСЗ-ЗС линия вниз. Для этих участков справедливы следующие соотношения:

для участка ЗС-ИСЗ:

$$P_{пер.ЗС} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d_{\uparrow}^2 \cdot L_{\uparrow доп} \cdot P_{ш.\Sigma СЗ}}{\lambda_{\uparrow}^2 \cdot G_{пер.ЗС} \cdot G_{пр.ИСЗ} \cdot \eta_{пер.ЗС} \cdot \eta_{пр.ИСЗ}} \cdot a \cdot \left(\frac{P_C}{P_Ш}\right)_{\Sigma} \qquad (5.19)$$

для участка ИСЗ-ЗС:

$$P_{пер.КС} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d_{\downarrow}^2 \cdot L_{\downarrow доп} \cdot P_{ш.\Sigma ЗС}}{\lambda_{\downarrow}^2 \cdot G_{пер.КС} \cdot G_{пр.ЗС} \cdot \eta_{пер.КС} \cdot \eta_{пр.ЗС}} \cdot b \cdot \left(\frac{P_C}{P_Ш}\right)_{\Sigma}, \qquad (5.20)$$

$P_{пер}$ – мощность сигнала на выходе передатчика, дБ;

$G_{пер}$ – коэффициент усиления передатчика, дБ;

$\eta_{пер}$ – потери в антенно-волноводном тракте, дБ;

a- коэффициент запаса для линии вверх;

b- коэффициент запаса для линии вниз.

При расчётё энергетики радиолинии, необходимо принимать во внимание, не только основные потери L_0, но и дополнительные потери $L_{доп}$, которые также присутствуют на трассе ЗС – ИСЗ.

Мощность шума приемной системы бортового ретранслятора (БР) определяется по формуле:

$$P_{ш.КС} = k \cdot T_{\Sigma КС} \cdot \Delta f_{ш.КС}, \text{ Вт,}$$

где $\Delta f_{ш.КС}$ - полоса пропускания ствола БР, Гц;

k - постоянная Больцмана 1,38*10^{-23} Вт/Гц;

$T_{\Sigma КС}$ - суммарная шумовая температура приемного тракта БР, К.

В описании ИСЗ указана добротность станции на прием Q, которая рассчитывается следующим образом:

$$Q = 10 \lg \frac{G_{ПРМКС}}{T_{\Sigma КС}}, \text{ дБ/К.}$$

Используя это соотношение получим:

$$\frac{G_{ПРМКС}}{T_{\Sigma КС}} = 10^{\frac{Q}{10}}, \text{ 1/К.} \qquad (5.21)$$

Отношение сигнал/шум для спутниковых линий связи выбирается из диапазона от 11 до 16 дБ. Так как проектируемая линия предназначена для передачи данных можно использовать минимальное значение 11 дБ.

$$(\frac{P_C}{P_Ш})_\Sigma = 10^{\frac{8}{10}} = 10^8 = 6.31.$$

На центральных земных станциях установим антенны диаметром 1,8 м.
Коэффициент усиления антенны определим по формуле:

$$G = \frac{q*10*D_A^2}{\lambda^2} = \frac{0.8*10*1.8*1.8}{0.021^2} = 56450$$

Подставляя в уравнение (5.19) мощность шума приемной системы бортового ретранслятора и отношение (5.21) получим:

$$Pzs := \frac{16 \cdot 3.14^2 \cdot d^2 \cdot 10^6 \cdot Ld \cdot k \cdot TE \cdot \Delta f}{\lambda^2 \cdot Gzs \cdot Gks \cdot \eta zs \cdot \eta}. \text{, Вт.}$$

Рассчитаем мощность передатчиков ЗС при работе с ИСЗ «KazSat 2».
Для города Аксай:

$$Pzs = 14.656 \text{ Вт или 11,66 дБ}$$

Для города Оренбург:

$$Pzs = 15.847 \text{ Вт или 11,999 дБ}$$

Для города Тенгиз:

$$Pzs = 15.559 \text{ ,Вт. или 11,92 дБ}$$

Результаты разместим в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Рассчитанные мощности передатчиков ЗС

Город	$P_{прдЗС}$ («KazSat 2»), Вт
Аксай	14,66
Оренбург	15,85
Атырау	15,56

Результаты расчетов позволяют выбрать передатчики ЗС мощностью 16Вт, что обеспечит заданное отношение сигнал/шум и небольшой энергетический запас.

5.7 Расчет необходимого диаметра антенн приемных земных станций

Мощность передатчика КС известна, поэтому из уравнения для мощности передатчика КС выразим коэффициент усиления антенны приемной земной станции, обеспечивающий требуемой отношение сигнал шум на спутниковой линии.

$$G_{ПРМЗС} = \frac{\cdot L_{0\downarrow} L_{\downarrow доп} \cdot P_{ш.\Sigma ЗС} \cdot b}{G_{пер.ИСЗ} \cdot P_{ПРДКС} \cdot \eta_{пер.ИСЗ} \cdot \eta_{пр.ЗС}} \cdot \left(\frac{P_C}{P_Ш}\right)_{\Sigma}$$

В технических данных бортового ретранслятора указывается Эффективно-изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ), которая определяется по следующей формуле:

$$ЭИИМ_{КС}=G_{ПРДКС}*P_{ПРДКС}*\eta_{ПРДКС}, \text{ Вт.}$$

Подставив данное выражение в формулу расчета коэффициента усиления антенны, получим следующее упрощенное уравнение:

$$G_{ПРМЗС} = \frac{L_{0\downarrow} L_{\downarrow доп} \cdot P_{ш.\Sigma ЗС} \cdot b}{ЭИИМ_{КС} \cdot \eta_{пр.ЗС}} \cdot \left(\frac{P_C}{P_Ш}\right)_{\Sigma}.$$

Согласно данным о бортовых ретрансляторах ЭИИМ будет равна:

$$ЭИИМ_{КС} = 10^{\frac{49}{10}} = 79432{,}82 \text{ Вт.}$$

5.8 Расчет мощности шума приемной земной станции

Шумовые факторы играют одну из главных ролей при проектировании спутниковых сисьем передачи, в расчётах спутниковых линий важно определить полную мощность шумов, создаваемых на входе приемного устройства земной станции различными источниками.

Суммарную мощность шумов на входе приемника, можно определить, используя формулу 5.22:

$$P_{Ш\Sigma} = k \cdot T_{\Sigma} \cdot \Delta f_{ш}, \qquad (5.22)$$

где k – постоянная Больцмана, равная $1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Вт/Гц·К;

T_{Σ} – полная эквивалентная шумовая температура приемной системы, К;

$\Delta f_{ш}$ – эквивалентная (энергетическая) шумовая полоса приемника, Гц.

Полная эквивалентная шумовая температура приемной системы, состоящей из антенны, волноводного тракта и собственно приемника, пересчитанная к входу приемника:

$$T_{\Sigma} = T_{А}\eta_{в} + T_{0}(1-\eta_{в}) + T_{ПР}, \qquad (5.23)$$

где T_{Σ} – полная эквивалентная шумовая температура приемной системы, К;

$T_{А}$ – эквивалентная шумовая температура антенны;

T_{0} – абсолютная температура среды (290 К);

$\eta_{в}$ – коэффициент передачи волноводного тракта;

$T_{ПР}$ – эквивалентная шумовая температура собственно приемника, обусловленная его внутренними шумами, определяется как:

$$T_{ПР} = T_{0}(K_{ш} - 1)$$

где $K_{ш}$ – коэффициент шума приемника, задан в характеристике оборудования.

Эквивалентная шумовая температура антенны может быть представлена в виде составляющих:

$$T_{А} = T_{к} + T_{а} + T_{з} + T_{а.з} + T_{ш.А}, \qquad (5.24)$$

где $T_{к}$ – шумовая температура антенны, обусловленная приемом космического радиоизлучения, К;

$T_{а}$ – шумовая температура антенны, обусловленная излучением атмосферы с учетом гидрометеоров, К;

$T_{з}$ – шумовая температура антенны, обусловленная излучением земной поверхности, принимаемым через боковые лепестки антенны, К;

$T_{а.з}$ – шумовая температура антенны, обусловленная приемом излучения атмосферы, отраженного от Земли, К;

$T_{ш.А}$ – шумовая температура антенны, обусловленная собственными шумами антенны из-за наличия потерь в ее элементах, К;

Расчет шумов вызванных влиянием атмосферы, планет и тепловым излучением Земли.

Учитывая термодинамические закономерности, понятие усредненной или эффективной температуры излучения и приняв усиление антенны в пределах главного лепестка постоянным и равным $G_{гл}$, а в пределах задних и боковых лепестков также постоянным и равным $G_{бок}$ получим:

$$T_{А} = \frac{G_{гл}}{4\pi}\int_{\Omega_{гл}} T_{я}(\gamma,\psi)\,d\Omega + \frac{1}{4\pi}\sum_{i=1}^{n}\int_{\Omega_{бок}} G_{бок\,i}\cdot T_{я}(\gamma,\psi)\,d\Omega$$

где $T_{я}(\gamma,\psi)$ – яркостная температура излучения в направлении β,ψ в сферической системе координат;

$\Omega_{ГЛ}$ – телесный угол главного лепестка, град;
$\Omega_{БОК}$ – телесный угол боковых лепестков, град;

Решая это выражение для всех составляющих шума (5.24), получим:
для антенны ЗС:

$$T_{A\,ЗС} = T_{я.к}(\gamma) + T_{я.а}(\gamma) + c(T_{я.з} + T_{я.а.з}) + T_{ш.А} + T_{об}(\gamma), \qquad (5.25)$$

для антенны бортового ретранслятора ИСЗ:

$$T_{A\,ИСЗ} = T_{я.а} + T_{я.з} + 2cT_{я.к} + T_{ш.А}, \qquad (5.26)$$

где $T_{я.к}(\gamma)$ – яркостная температура антенны, обусловленная приемом космического радиоизлучения, К;

$T_{я.а}(\gamma)$ – яркостная температура антенны, обусловленная излучением атмосферы с учетом дождя, К;

$T_{я.з}$ – яркостная температура антенны, обусловленная излучением земной поверхности, принимаемым через боковые лепестки антенны, К;

$T_{я.а.з}$ – яркостная температура антенны, обусловленная приемом излучения атмосферы, отраженного от Земли, К;

$T_{ш.А}$ – шумовая температура антенны, обусловленная собственными шумами антенны из-за наличия потерь в ее элементах, К;

c – коэффициент, учитывающий интегральный уровень энергии боковых лепестков, определяется из таблицы 5.7.

Таблица 5.7 – Количественная оценка величины c для различных типов антенн в зависимости от формы облучения поверхности зеркала антенны

Направление излучения	Значение c при снижении облучения к краям зеркала	
	6 дБ	10 дБ
В главном лепестке	0,59	0,81
В боковых лепестках передней полусферы	0,03	0,04
В боковых лепестках задней полусферы	0,38	0,15
Во всей сфере за исключением гл. лепестка	0,41	0,19

Из (5.25) следует, что первая составляющая температуры шумов антенны определяется яркостной температурой космического пространства. Основу его составляет радиоизлучение Галактики и точечных радиоисточников, таких как Солнце, Луна, ближайшие планеты и звезды. [12]

Частотная характеристика усредненных по небесной сфере значений $T_{я.к}$ показана на рисунке 5.2, из которого следует, что космическое излучение существенно на частотах ниже 4...6 ГГц; на частотах выше 6 ГГц космическое излучение несущественно и его можно не учитывать вообще.

Излучение Галактики имеет сплошной спектр и слабо поляризовано; поэтому при приеме его на поляризованную антенну (с любым видом поляризации) можно с достаточной степенью точности считать, что принимаемое излучение будет половиной интенсивности (т.е. принимается 1/2 всей мощности излучения, попадающей в раскрыв антенны).

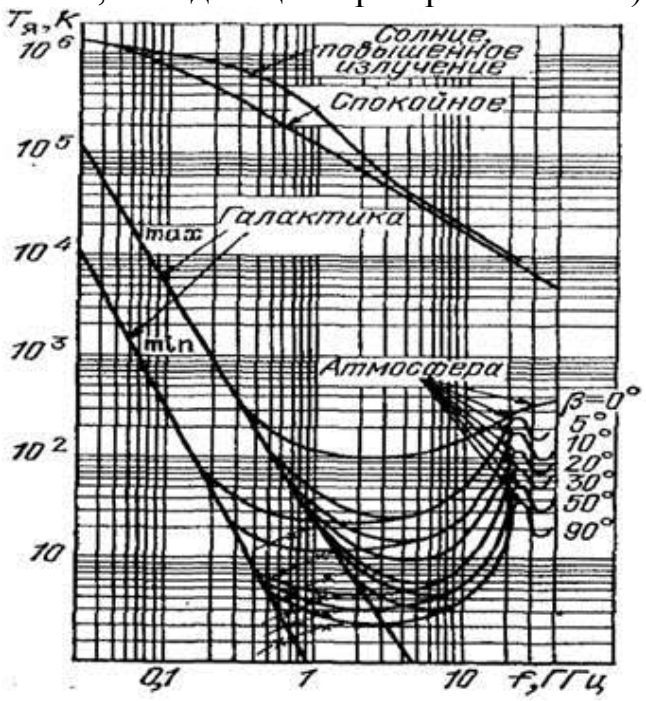

Рисунок 5.2 – Частотная зависимость шумовой температуры Галактики, Солнца и атмосферы (без дождя)

На рисунке 5.2 показан вклад излучения Солнца в спокойном состоянии (в годы минимума активности) и в состоянии «возмущения», в годы максимума активности. Поэтому можно принять яркостную температуру космоса раной $T_к$=20 К.

Радиоизлучение земной атмосферы имеет тепловой характер и в полной мере обусловлено рассмотренным в предыдущем разделе поглощением сигналов в атмосфере. В силу термодинамического равновесия среда (атмосфера) излучает такое же количество энергии на данной частоте, которое поглощает соответственно:

$$T_{я.а} = \frac{T_{а\,ср}(L_а - 1)}{L_а}.$$

Как показывают расчеты для стандартной атмосферы, средняя термодинамическая температура атмосферы для углов места β≥5° в рассматриваемых диапазонах частот равна:

$$T_{\text{а ср}} \approx T_0 - 32 \approx 260\ \text{К}.$$

Влияние осадков можно учесть по той же методике, т.е. определить $T_{\text{я.а}}$ через потери в дожде $L_{\text{д}}$. Хотя ряд исследований показывает, что непосредственная корреляция между интенсивностью дождя и температурой неба невелика (т.е. может наблюдаться повышение шумовой температуры неба из-за дождевых туч, когда собственно дождь не выпадает), тем не менее, корреляция с многолетней статистикой дождя все же имеется.

Раздельное вычисление температуры спокойного неба и температуры дождя с последующим их суммированием приведет к ошибке (примерно удвоит результат), поэтому вычисление следует проводить по формуле 5.27:

$$T_{\text{я.а}} = \frac{T_{\text{а ср}}(L_{\text{а}} L_{\text{д}} - 1)}{L_{\text{а}} L_{\text{д}}}, \qquad (5.27)$$

где $L_{\text{а}}$ – поглощение радиоволн в атмосфере, в разах;

$L_{\text{д}}$ – поглощение радиоволн в дожде, в разах.

На рисунке 5.3 представлены примерные зависимости шумовой температуры атмосферы (с учётом дождя), при различных углах места, по этим графикам можно приближенно сравнить, полученные расчётным путем данные. Максимальная температура шумов неба не превышает 260 К и начинает играть существенную роль в диапазонах частот выше 5 ГГц.

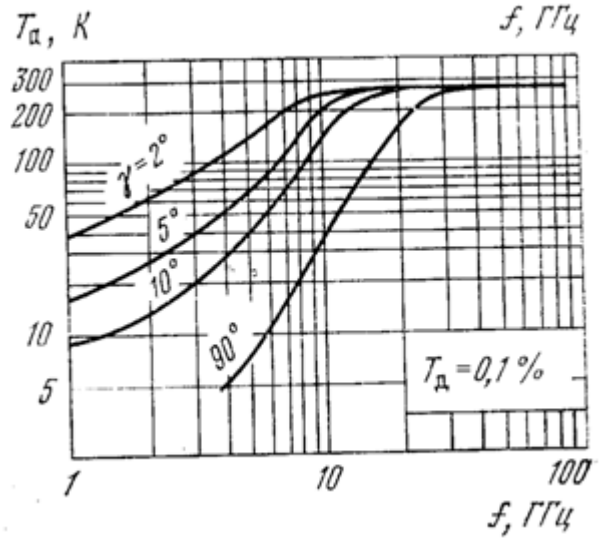

Рисунок 5.3 – Частотная зависимость шумовой температуры атмосферы (с учётом дождя)

Яркостная температура Земли определяется ее кинетической температурой $T_{0з}$ =290 К и коэффициентом отражения электромагнитной энергии от поверхности Земли /3/:

$$T_{я.з} = T_{0\,з}(1-\Phi)^2, \qquad (5.28)$$

где $T_{я.з}$ – яркостная температура Земли, К;

$T_{0\,з}$ – кинетическая температура Земли, К;

Φ – комплексный коэффициент отражения, безразмерная величина.

Комплексный коэффициент отражения определяется известными формулами Френеля:

для горизонтальной поляризации:

$$\Phi_{\Gamma} = \frac{\sin\gamma - \sqrt{\varepsilon + j60\sigma\lambda - \cos^2\gamma}}{\sin\gamma + \sqrt{\varepsilon + j60\sigma\lambda - \cos^2\gamma}}$$

для вертикальной поляризации:

$$\Phi_{B} = \frac{(\varepsilon + j60\sigma\lambda)\sin\gamma - \sqrt{\varepsilon + j60\sigma\lambda - \cos^2\gamma}}{(\varepsilon + j60\sigma\lambda)\sin\gamma + \sqrt{\varepsilon + j60\sigma\lambda - \cos^2\gamma}}$$

где γ – угол места ЗС, град.;

λ – длина волны системы, м;

ε – диэлектрическая проницаемость Земли, безразмерна;

σ – электропроводимость Земли, См/м.

Значения ε и σ для некоторых видов земной поверхности приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Значения ε и σ для некоторых видов земной поверхности

Вид земной поверхности	ε	σ, См/м
Пресная вода	80	$10^{-3}\ldots5\cdot10^{-3}$
Влажная почва	5...30	$10^{-2}\ldots10^{-3}$
Сухая почва	2...6	$10^{-4}\ldots10^{-5}$

Представленные оценки справедливы при зеркальном отражении, тогда как на высоких частотах, где размеры отражающих поверхностей соизмеримы с длиной волны, большой вес будет иметь диффузная компонента, определяемая кинетической температурой Земли равная 290 К.

При определении величины $T_{я.з}$, входящей в формулу (5.26) для бортовой антенны, следует учитывать вид и характер земной поверхности, попадающей в зону видимости этой антенны. Для бортовых антенн с глобальным охватом следует принимать $T_{я.з} \approx 260$ К; для антенн с узкими лучами $T_{я.з}$ может составлять 100…260 К.

Яркостная температура излучения атмосферы, отраженного от земли, определяется из:

$$T_{я.а.з} = T_{я.а}\Phi^2 \tag{5.29}$$

На частотах выше 15 ГГц $T_{а.з} \approx T_{0\,з} \approx 290$ К, следует что:

$$T_{я.з} + T_{я.а.з} \approx 290\,\text{К}, \tag{5.30}$$

т.е. отраженная от Земли компонента атмосферных шумов дополняет термодинамическое излучение Земли, и в сумме они дают излучение с яркостной температурой, близкой к 290 К.

Рассмотрим еще одну составляющую шумов антенны в формулах (5.25) и (5.26), обусловленную омическими потерями в антенне:

$$T_{ш\,А} = \frac{T_0(L_м - 1)}{L_м}, \tag{5.31}$$

где T_0 – кинетическая температура Земли равная 290 К;

$L_м$ – потери в материале зеркала антенны, дБ.

Современные металлические зеркальные антенны имеют весьма низкие потери, поэтому значения $T_{шА}$ весьма малы и составляют на разных частотах значения.

Таблица 5.9 – Зависимость шумов антенны, обусловленных омическими потерями в антенне от частоты

f, ГГц	0,3	1	3	10	30	60
$T_{шА}$, К	0,018	0,04	0,06	0,09	0,18	0,3

Окончательно, располагая имеющимися данными, согласно приведенным формулам, произведем расчет всех составляющих шума для антенн ИСЗ, ЗС1.

Произведем расчёт для антенны ЗС1 (г.Аксай):

Определим яркостную температуру атмосферы с учётом того, что затухания $L_а$ и $L_д$ берутся для линии вниз (так как нас интересует приемная часть антенны):

$$T_{я.а} = \frac{260(1{,}0147 \cdot 1{,}4205 - 1)}{1{,}0147 \cdot 1{,}4205} = 79{,}6189\ \text{К};$$

сравнивая с рисунком 5.3, убеждаемся в правильности вычисления.

Яркостная температура Земли в итоге равна:

$$T_{я.з} = 290(1 - 0,1288)^2 = 220,1144\,К.$$

Яркостная температура излучения атмосферы, отраженного от земли:

$$T_{я.а.з} = 220,144 \cdot 0,1288^2 = 220,1144 \cdot 0,0166 = 3,6507\,К.$$

И в итоге суммируя, приняв шумы антенны, обусловленные омическими потерями примем равными 0,1 К (по таблице 5.9) и коэффициент, учитывающий интегральный уровень энергии боковых лепестков c = 0,2 (по таблице 5.8), получаем значение эквивалентной шумовой температуры для антенны ЗС1:

$$T_{A\,ЗС} = 20 + 79,6189 + 0,2(220,1144 + 3,6507) + 0,1 = 144,4719\,К,$$

Рассчитаем эквивалентную шумовую температуру приемников ЗС. Для земных станций она будет одинакова, так как применяется однотипное оборудование.

Для земных станций:

$$T_{ПР} = 290(2,5 - 1) = 435\,К.$$

Таким образом, полная эквивалентная шумовая температура приемной системы, состоящей из антенны, волноводного тракта и собственно приемника, пересчитанная к входу приемника будет равна:

для ЗС1:

$$T_{\Sigma} = 144,4719 \cdot 0,8 + 290(1 - 0,8) + 435 = 608,6\ К.$$

Суммарную мощность шумов на входе приемников ЗС определим:

$$P_{ШЗ} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 608,6 \cdot 8 \cdot 10^{6} = 0,67 \cdot 10^{-13}\ Вт.$$

Подставляя известные величины получим для ЗС1 г. Аксай:

$$Dazs := \sqrt{\lambda 11^2 \cdot Lod \cdot Ldd \cdot 1.32 \cdot 10^{-23} \cdot \Delta f \cdot TE \cdot b \cdot \frac{Psh}{EEIPd \cdot 0.8}}$$

Диаметр антенны ЗС в г.Аксай:

$$Dazs = 1.823\ м.$$

Коэффициент усиления антенны земной станции:

$$Gazs := 10 \cdot \log\left(8 \cdot \frac{1.8^2}{\lambda 11^2}\right) = 45.422$$

Результаты расчетов для других городов в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Рассчитанные диаметры антенн ЗС

Город	$G_{прмЗС}$ (KazSat 2), дБ	$D_{прм\ А}$,м
Аксай	45,422	1,823
Оренбург	45,422	1,844
Тенгиз	45,422	1,886

6 Выбор необходимого оборудования

В соответствии с полученными при расчетах данными, выбрана спутниковая антенна Супрал СТВ 2.0 м.

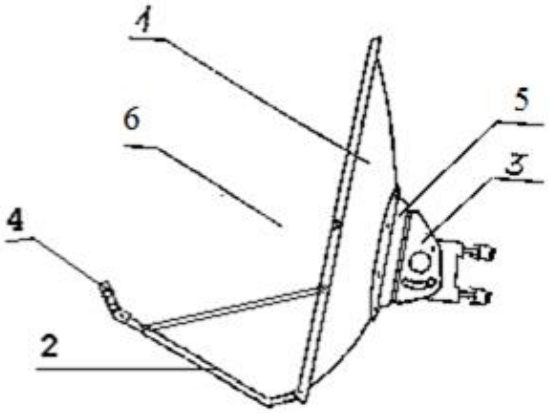

Рисунок 5.4 –Схема Супрал СТВ

1- рефлектор
2- дуга конвертодержателя
3- опорно – поворотное устройство
4- конвертодержатель
5- подзеркальник
6- растяжка дуги конвертодержателя

Спутниковая антенна Супрал СТВ 2.0 предназначена для приема сигналов с геостацинархых спутников как в Ku – диапазоне (10,95 – 12,75 ГГц), так и в С – диапазоне (3,6 – 4,2 ГГц) в зависимости от применяемого облучателя.

Таблица 5.11 – Технические характеристики Супрал СТВ 2.0

Фокусное расстояние	780 мм
Диапазон частот	10,7 – 12,75 ГГц
Ширина луча	0,9 град
Коэффициент усиления (11,3 ГГц)	46 дБ
Диапазон установки угла места, град	0…60 / 10…50
Диапазон перемещения по азимуту	0…360 град / ± 60
Рабочая устойчивость от ветра	< 25 м/с
Разрушающая сила ветра	50 м/с

Исходя из расчетов на всех земных станциях устанавливаются антенны мощностью 16 Вт и диаметром 2 метра, с небольшим запасом на погоду. В городах Оренбург и Тенгиз устанавливаются антенны диаметром 2 метра, а в городе Аксай, выбирается антенна диаметром 2,2 метра, так как там находится главный офис.

7 Безопасность жизнедеятельности

7.1 Анализ условий труда

Для обеспечения безопасности условий труда при проектировании систем передачи данных необходимо следующее: электрическая безопасность; достаточное освещение рабочего места; достаточная пожарная безопасность помещения; полная техническая исправность оборудований, наилучший микроклимат, который способствует продуктивной работе. К опасным и вредным факторам, которым могут быть подвержены инженеры на производстве относятся: возможность поражения электрическим током, при электрической неисправности оборудований, работа с недопустимыми параметрами микроклимата; нарушение заземления или техники безопасности; работа при недостаточной освещенности рабочего места. Так как работа инженеров заключается в оперативном мониторинге соответственно это сидячая работа за компьютером. Из рисунка 7.2 видно, что площадь на одно рабочее место равно 6,42 м^2, следовательно, данное помещение удовлетворяет требованиям. При длительной работе оборудования температура в рабочем помещение повышается, что не благоприятно сказывается как на работоспособности персонала так и самого оборудования. Следовательно, из-за недостаточности естественной циркуляции воздуха, необходимо устанавливать кондиционеры. При работе в помещении важно освещение, есть два вида освещения: естественное и искусственное. При недостаточном освещении естественным светом необходимо параллельно использовать искусственное освещение. Для того, чтобы правильно установить освещение которое бы соответствовало ГОСТу. Необходимо произвести расчет освещения. [9]

7.1.1 Характеристики помещения

В соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 помещения применяется в помещениях без повышенной опасности, потому что это помещение сухое, нормальной температуры, изоляционный паркет, нет незаземленных металлических конструкций. Персональные компьютеры являются первоклассными электротехническими продукциями для защиты человека от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0-76, так как корпус выполнен из непроводящего пластика, и каждое устройство заземлен. Питание заземлено. Каждый источник питания в помещении оснащен дополнительными защитными контактами, поэтому расчет земления не является необходимым для производства. В соответствии с СНиП II-68-78 площадь кабинетов вычислительной техники с настольными вычислительными машинами должна удовлетворять условию - не менее 3 м^2 на одно рабочее место. Кратность воздухообмена в помещении узла также регламентируется СНиП II-68-78, она должна составлять 30 м^3/час на одно место, так как, естественная циркуляция воздуха не возможна и для поддержания необходимой температуры воздуха

необходимо установить дополнительные средства вентиляции или кондиционирования воздуха. Данное помещение оснащено искусственным освещением, поэтому нужно рассчитать искусственное освещение под выполняемый тип работы. Выполнение данных требований обеспечит поддержание в помещении узла оптимального значения влажности и состава воздуха.

Размеры рабочей аудитории: высота помещения-3 м, ширина-3.5 м, длина-5,5 м. Общая площадь помещения составляет 19,25 м^2. Остекление комнаты двойное с пластиковым переплетом, размеры окна 1700х1800. По разряду зрительной работы помещение относится к IV разряду с наименьшим размером объекта различения от 0.5 до 1 мм (ГОСТ 12.1.028-80).

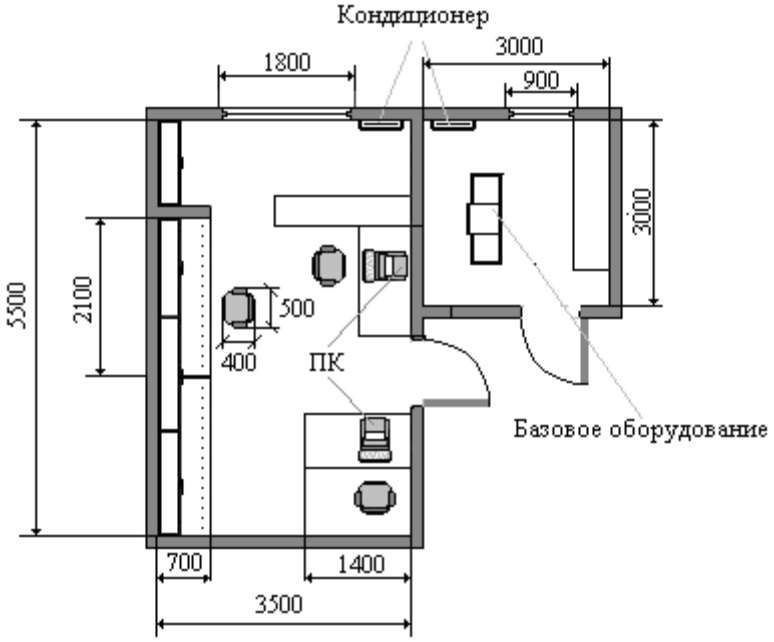

Рисунок 7.1 - План рабочего помещения

Производственный персонал, занимающийся обслуживанием системы, состоит из трех человек: два инженера-техника и один инженер-программист. Базовое оборудование расположено в отдельной звукоизоляционной комнате, где с помощью кондиционера поддерживается постоянная температура 20 С^0, для искусственного охлаждения оборудования.

7.1.2 Выбор кондиционера

Кондиционирование обеспечит нормальные микроклиматические условия в рабочей аудитории, соответствующие нормативам.

Количество приточного воздуха $L_{ПР}, \frac{м^3}{ч}$ определяется по формуле:

$$L_{ПР} = \frac{Q_{ИЗБ}}{c \cdot p_{ПР} \cdot (t_{ВЫТ} - t_{ПР})}, \qquad (7.1)$$

где $Q_{ИЗБ}$ - избыточное выделение явной теплоты, $\frac{кДж}{ч}$;

$c = 1\frac{кДж}{кг \cdot {}^0 C}$; - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении.

$p_{ПР}$ - плотность поступающего в помещение воздуха, равная $1.2\frac{кг}{м^3}$;

$t_{ВЫТ}$ - температура удаляемого из помещения за пределы рабочей или обслуживаемой зоны, C^0;

$t_{ПР}$ - температура приточного воздуха, C^0.

Температура удаляемого из помещения воздуха $t_{ВЫТ}, {}^0C$, определяется по формуле:

$$t_{ВЫТ} = t_{РЗ} + \Delta t \cdot (H - z), \qquad (7.2)$$

где $t_{РЗ}$ - температура в рабочей зоне, которая не должна превышать допустимую по нормам $(t_{РЗ} \le t_{ДОП}), C^0$;

Поскольку расчет производится для теплого периода года, то примем $t_{РЗ} = 23C^0$.

Δt - температурный градиент по высоте помещения $(\Delta t = 0.5 - 1.5)C^0$;

Н – расстояние от пола до центра вытяжных проемов (кондиционера), м;
Внутренняя часть кондиционера расположена на высоте Н=2,5 м.
z- высота рабочей зоны, м;

$$t_{ВЫТ} = 23 + 1.2 \cdot (2.5 - 3) = 22.4, C^0.$$

Температура приточного воздуха ($t_{ПР}$) при наличии избытка явной теплоты должна быть на 5-7 ^{0}С ниже температуры воздуха в рабочей зоне.

$$t_{ПР} = 23 - 7 = 16, C^0.$$

Величину избыточного выделения явной теплоты $O_{ИЗБ}$ находят на основании баланса теплоты в помещении по формуле:

$$O_{ИЗБ} = \sum Q - \sum Q_{УХ}, \qquad (7.3)$$

где $\sum Q$ - суммарное количество поступающей в помещение явной теплоты;

$\sum Q_{УХ}$ - суммарное количество уходящей из помещения теплоты (за счет теплопотерь ограждениями, нагрева поступающего в помещение воздуха).

Источники избыточного тепла: электроустановки, светильники, промышленные печи, люди и др. Кроме того, необходимо учитывать теплопоступления от солнечной радиации. В данном помещении тепловыделением электронного оборудования можно пренебречь. Поэтому учитываем тепловыделения от искусственного освещения, от людей, количество тепла, поступающего в помещение через окна от солнечной радиации.

Тепловыделения от искусственного освещения Q_2, рассчитывают, предполагая, что практически вся затрачиваемая энергия в конечном счете преобразуется в тепло, по формуле:

$$Q_2 = N, \qquad (7.4)$$

где N - расходуемая мощность светильников, Вт: $Q_2 = 320 Вт$.

Тепловыделения от людей Q_3 определяют по формуле:

$$Q_3 = n \cdot q_{\times}, \qquad (7.5)$$

где n - число работающих;
$q_{\times}$ - количество тепла, выделяемое одним человеком, Вт (таблица 7.1);

Таблица 7.1 - Количество тепла, выделяемое одним человеком в зависимости от категории работ и температуры окружающей среды

Категория работ	Тепло, Вт			
	Полное		Явное	
	при 10^0С	при 35^0С	при 10^0С	при 35^0С
Легкая	180	145	150	5

$$Q_3 = 4 \cdot 145 = 580 Вт;$$

Количество тепла, поступающего в помещение от солнечной радиации $Q_{ОСТ.РАД}$, определяют по формуле:

$$Q_{ОСТ.РАД} = F_{ОСТ} \cdot q_{ОСТ} \cdot A_{ОСТ}, \quad (7.6)$$

для покрытий:

$$Q_{П.РАД} = F_n \cdot q_n \cdot k_n, \quad (7.7)$$

где $F_{ОСТ}$ и F_n - площадь поверхности и покрытия, м^2;

$q_{ОСТ}$ и q_n - теплопоступления через 1 м^2 поверхности остекления и поверхности покрытия, при коэффициенте теплопередачи, равном $1\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0C}, \frac{Вт}{м^2}$;

$A_{ОСТ}$ - коэффициент остекления;

k_n - коэффициент теплопередачи покрытия, $\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0C}$;

Значение $q_{ОСТ}$ в зависимости от географической ориентации поверхности и характеристики окон или фонарей принимается в пределах 70-210, а коэффициента $A_{ОСТ}$ в зависимости от вида остекления и его солнцезащитных свойств – в пределах 0.25-1.25, средние значения теплопоступления от солнечной радиации через покрытие в зависимости от географической широты и вида покрытия принимают в пределах 6-24.

$$F_{ОСТ} = 1.7 \cdot 1.8 = 3.06, м^2,$$

Окно рабочего помещения направлено строго на восток, поэтому примем значение $q_{ОСТ}$ равным $190\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0C}$. Поскольку остекление образовано светлым стеклом и без стального переплетения, то примем $A_{ОСТ}$=0.35.

$Q_{ОСТ.РАД} = 3.06 \cdot 190 \cdot 0.35 = 203.49,$ Вт.

Среднее значение теплопоступления для покрытия с учетом географической широты примем равным $Q_{П.РАД} = 42$, Вт.

Потери тепла из помещения $Q_{УХ}$, кВт через стены двери, окна оценивают ориентировочно по формуле:

$$Q_{УХ} = \frac{\lambda \cdot S \cdot (t_{ВЫТ} - t_{ПР})}{\delta}, \qquad (7.8)$$

где λ - теплопроводность стен, $\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0C}$;

S - площадь, м^2;
δ - толщина стен, м.

Стены рабочего помещения изготовлены из тяжелого бетона М600, теплопроводность которого равна $1.2\frac{Вт}{м \cdot {}^0C}$. Толщина стен $\delta = 0.3м$.

$$Q_{УХ} = \frac{1.2 \cdot 16.5 \cdot (22.4 - 16)}{0.3} = 422.4, \text{ Вт.}$$

Вычислим суммарное количество поступающей в помещение явной теплоты:

$$\sum Q = Q_2 + Q_3 + Q_{ОСТ.РАД} + Q_{П.РАД}; \qquad (7.9)$$

$$\sum Q = 320 + 580 + 203.49 + 42 = 1145.5, \text{ Вт.}$$

Вычислим величину избыточного выделения явной теплоты:

$$O_{ИЗБ} = 1145.5 - 422.4 = 723, \text{ Вт.}$$

Вычислим количество приточного воздуха:

$$L_{ПР} = \frac{723}{1 \cdot 1.2 \cdot (22.4 - 16)} = 94.14, \frac{м^3}{ч}.$$

Исходя из полученных данных расчета, в рабочем помещении устанавливается кондиционер GREE серии A13, характеристики приведены в таблице 7.1:

Важнейшим достоинством серии A13 является то, что работа оборудования совершенно бесшумна. На сегодняшний день эти модели являются одними из самых бесшумных - минимальный уровень шума составляет всего 26 дБ.

Модели серии A13 адаптированы к перепадам напряжения, что особенно важно для ряда Казахстанских областей. Более того, кондиционеры могут запускаться даже тогда, когда напряжение в сети не превышает 185 V.

Ключевая особенность кондиционеров серии A13 - возможность запуска и работы при значительных отрицательных температурах. Оборудование рассчитано на запуск при температуре до -20С, и прекрасно подходит для областей с суровыми зимними условиями.

Таблица 7.2 - Характеристика кондиционера KFR-23GW/A13

Характеристики	Единицы измерения	KFR-23GW/A13
Потребляемая мощность	W	800
Потребляемый ток	A	3.7
Количество конденсата	l/h	0.8
EER/C.O.P.	W/W	2.88
Производительность по теплу	W	2400
Потребляемая мощность	W	830
Потребляемый ток	A	3.8

Продолжение таблицы 7.2

EER/C.O.P.	W/W	2.89
Уровень шума	dB(A)	26-31
Габаритные размеры	mm (LxHxD)	710x250x180
Вес	Kg	28
Напряжение питания	Ph/V/Hz	1N/220-230/50

7.1.3 Расчет искусственного освещения

Условие естественного освещения на промышленных предприятиях, оказывает большое влияние на зрительную работоспособность, физическое и моральное состояния людей, и, следовательно, на производительность труда и производственный травматизм. Освещение в помещении должно быть комбинированным (естественным и искусственным), чтобы обеспечить комфортную работу человеку с персональным компьютером, оборудованием.

Совмещенное освещение используется при недостаточности естественного освещения. Последнее представляет собой освещение, при котором в светлое время суток используется одновременно естественный и искусственный свет.

Для работы операторов в темное время суток основную роль играет искусственное освещение. Оно создаётся искусственными источниками света (лампа накаливания, газоразрядные лампы). Применяется из-за отсутствия и недостатка естественного освещения. По назначению бывает: рабочим, аварийным, эвакуационным, охранным, дежурным.

При проектировании освещения рабочего места оператора необходимо учесть такие характеристики как яркость и контраст фона.

Степень яркости зависит от индивидуальных черт и потребностей оператора. Принимается, что правильная степень освещенности находится в пределах 300-1000 люкс.

При освещении рабочего места большую роль играет контраст между непосредственным полем действия оператора и смежными поверхностями. Слишком малый контраст ухудшает восприятие текста, а слишком большой - вызывает неприятные для глаз отблески. Непосредственное поле зрения оператора должно быть освещено ясно, а смежные поверхности в отношении 3/1.

Поддержание рациональной цветовой гаммы достигается правильным выбором осветительных установок, обеспечивающих необходимый световой спектр. В процессе эксплуатации осветительных установок необходимо

предусматривать регулярную очистку от загрязнении светильников и остекленных проемов, своевременную замену отработавшей свой срок службы лампы, контроль напряжений питания осветительной сети, регулярную и рациональную окраску стен, потолка, оборудования.

Для удовлетворения вышеперечисленным требованиям осуществляют расчет по одному из предложенных методов, т. к. помещение еще не оборудовано системой освещения, то воспользуемся точечным методом коэффициента использования.

Исходные данные для расчета:
длина помещения – 5,5 м;
ширина помещения – 3,5 м;
высота помещения – 3 м;
высота рабочей поверхности h_P - 0,7 м;
разряд зрительной работы – III (в).

Помещение операторского зала свежепобелено, с окнами без штор, цвет пола – светлый, поэтому соответствующие коэфф. отражения примем равными: $p_{пот}$ = 70%; $p_{ст}$ = 50%; $p_{пол}$ = 30%.

Для операторского зала используем люминесцентные лампы ЛБ40 (белого цвета), мощностью 40 Вт, световым потоком 3120 лм, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1213,6 мм. Они имеют высокий срок службы (до 14 000 часов) и оптимальную световую отдачу. При их использовании не происходит утомление зрительных анализаторов, не вызывает слепимости и нарушений функций глаза.

Определим оптимальное расстояние между светильниками:

$$Z = \lambda \times h, \text{ м} \tag{7.10}$$

где λ выбирается в диапазоне 1,2 – 1,4.

$$h = H - h_P = 3 - 0{,}7 = 2{,}3 \text{ м.}$$

По этим данным находим, что оптимальное расстояние между светильниками равно:

$$Z = \lambda \times h = 1{,}2 \times 2{,}3 = 2{,}76 \text{ м.}$$

Рассчитаем число рядов светильников:

$$n = \frac{B}{Z}, \text{ рядов} \tag{7.11}$$

где B – ширина помещения, B = 3,5 м;

Z – расстояние между светильниками, Z = 2,76 м.

Откуда:

n=1,27

Следовательно, светильники располагаются в два ряда.

Определим число светильников:

$$N = \frac{E \times K_З \times S \times z}{n \times \Phi_Л \times \eta}, \text{ шт} \qquad (7.12)$$

где Е – заданная минимальная освещенность светильника. Для персонала работающего с ЭВМ Е = 400 лк;

Кз – коэффициент запаса, учитывающий запыление и износ источников света в процессе эксплуатации. Кз = 1,5;

S – освещаемая площадь, S = 3,5 х 5,5 = 19,25 м2;

z — коэффициент неравномерности освещения, z = 1,1÷1,2;

ФЛ – световой поток одной лампы, ФЛ = 3120 лм.

n – число ламп в светильнике.

Так как $p_{пот}$ = 70%; $p_{ст}$ = 50%; $p_{пол}$ = 30%, то определяем, что коэффициент использования η = 56% .

В качестве светильника возьмем ЛСП02, рассчитанный на две лампы мощностью 40 Вт, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1213,6 мм. Длина светильника 1234 мм, ширина 276 мм.

$$N = \frac{E \times K_З \times S \times Z}{n \times \Phi_Л \times \eta} = \frac{400 \times 1{,}5 \times 60 \times 1{,}1}{2 \times 3120 \times 0{,}56} = 11{,}33 \approx 12 \text{ шт} \qquad (7.13)$$

Т.е. 12 светильников расположенных в три ряда, в каждом ряду по четыре светильника, в каждом светильнике по две лампы.

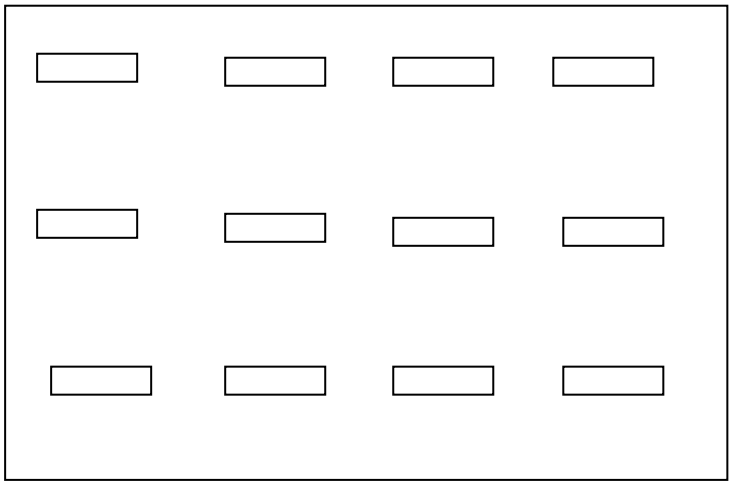

Рисунок 7.2 - Схема расположения светильников

В результате проделанных расчетов была оснащена системой кондиционирования воздуха комната обслуживающего персонала. В результате

мы имеем рабочее помещение, которое удовлетворяет основным требованиям, предъявляемым к рабочему месту.

7.1.4 Расчет искусственного освещения точечным методом

По точечному методу при кругло симметричных точечных излучателях принимается, что световой поток лампы в каждом светильнике равен 1000 лк. Создаваемую таким светильником освещенность называют условной. Освещенность в расчетной точке определяется по формуле:

$$E = \frac{\phi \cdot \mu \cdot \sum e_1}{1000 \cdot K_з}, \text{ лк} \qquad (7.14)$$

где μ = 1,1–1,2 - коэффициент, учитывающий действия удаленных светильников;

$\sum E$ - суммарная условная освещенность в контрольной точке;

$K_з$ = 1,5 - коэффициент запаса;

Ф - световой поток [лм].

В нашем случае разряд зрительной работы III (в) поэтому нормируемая освещенность 300 лк.

Выбираем к данному светильнику лампу накаливания БК-100 световой поток которого по паспортным данным равен 1450; Ф=1450 лм.

Точечным методом проверим соответствие данного количества и типа светильников нормируемой величине.

Определение расчетной высоты подвеса:

Высота свеса светильников, h_c = 0,5 м.

Рабочая поверхность над полом h_p = 1 м.

Высота помещения h = 3 м.

Тогда расчетная высота составит:

$$h_{расч} = h - h_c - h_p = 3\text{-}0{,}5\text{-}1 = 1{,}5 \text{ м}$$

Расстояние от стен до светильников и между ними распределяем соответственно заданию. Наиболее целесообразное размещение приведено на рисунке 7.2.

1) Расстояние между светильниками (Z) в длину:

Z= 5м

2) Расстояние между светильниками в ширину:

Z= 3м

Освещение произведено двухрядное по 3 светильника в ряду.

Расчетная схема точечного метода также предоставлена на рисунке 7.2.

Намечаем контрольную точку А. Для нее определяем суммарную условную освещенность всех светильников следующим образом:

Находим проекцию расстояния на потолок от точки А до светильника- d.

Далее определяем угол между потолком и прямой d. По этому углу находим условную освещенность.

$$\alpha = arctg\left(\frac{d_i}{h}\right);\ e_i = \frac{I_\alpha \cdot \cos^3(\alpha)}{h^2}$$

1,2,3,4-я лампа d_1 =2,9 м ; α =55^0 ; $e_i = \frac{160 \cdot \cos^3(55)}{2^2} = 7{,}32$ лк

5,6-я лампы d_2 =7,6 м ; α =75^0 ; $e_i = \frac{50 \cdot \cos^3(75)}{2^2} = 0{,}2125$ лк

Суммарная условная освещенность равна:

$$\sum E = 7{,}32*4+0{,}2125*2=29{,}7056 лк$$

Тогда освещенность:

$$E= \frac{1450*1{,}1*29{,}705}{1000*1{,}5} = 31{,}59 лк$$

Рассчитав освещенность используя точечный метод , мы доказали что данное освещение нуждается в реконструкции. Для этого должны заново спроектировать освещение.

Проектирование искусственного освещения заключается в решении следующих задач:

- выбор системы освещения;
- типа источника света;
- расположение светильников;
- выполнение светотехнического расчета и определение мощности осветительной установки

Как видим, светильники ВЗГ-100 с лампами БК-100 не подходят.

Расчет точеным методом позволяет делать анализ расчета на уровне номинальной освещенности, и основным недостатком этого метода является то, что нельзя сказать, насколько эффективно используются светильники.

8 Бизнес - план

8.1 Сущность проекта

Необходимо провести организацию спутниковой системы передачи данных на основе известных точек расположения центральной станции и удалённых объектов. Организация спутникового канала в настоящее время определяется назначением, на которое влияет спрос. Использование спутниковых систем для передачи информации в последнее время получает весьма широкое распространение , так как имеет большие перспективы развития и является выгодным капиталовложением.

Фиксированная спутниковая служба – это служба, занимающаяся организацией международных и национальных сетей связи, в которых обеспечивается передача различных видов информации: в данном случае телефонного обмена и обмена данными.

8.2 Характеристика проекта

Цель данного бизнес-плана- технико-экономическое обоснование разработки и внедрения системы передачи данных для компании «Karachaganak Petroleum Operating».

«Karachaganak Petroleum Operating» - одно из крупнейших газоконденсатных месторождений в мире. Его расчетные начальные балансовые запасы углеводородов составляют 9 миллиардов баррелей конденсата и 48 триллионов кубических футов газа, а общие оценочные запасы превышают 2.4 миллиарда баррелей конденсата и 16 триллионов кубических футов газа.

8.3 Маркетинг

Сейчас в мире существует множество фирм предоставляющих услуги спутниковой телефонной связи, однако в Казахстане их не так много, т.е. данный род услуг не достиг своего насыщения. Путем совершенствования бортовой аппаратуры и земной станции (повышение качества приема, обработки и передачи сигнала, увеличение срока службы бортовой аппаратуры, точности удержания спутника на орбите) соответственно упрощая земные приемники и передатчики, снижая их стоимость.

8.4 Анализ рынка сбыта. Изучение рынка услуг

В настоящее время имеется возможность обеспечения надежной связью на всей территории РК, а также объединением локальных компьютерных и телефонных сетей всех отделов в единую Глобальную сеть. Обеспечение связи между отделами спецорганизаций, расположенных на различных расстояниях, возможно с появлением новых информационных технологий. Это возможно

провести с помощью организации спутникового канала, который позволяет организовывать Глобальные сети специального назначения.

С помощью сети спутниковой связи можно охватить каждый регион РК и обеспечить передачу любых видов информации на более выгодных условиях, чем любая другая система.

Для организации спутникового канала необходима организация спутниковой радиолинии, которая организуется между земными станциями посредством ретрансляции радиосигналов через спутники Земли.

Экономическая эффективность спутникового канала состоит в определении необходимых инвестиций на земную станцию, издержек по ее содержанию и эффекта от организации спутникового канала.

8.5 Стратегия маркетинга

Организация сети с использованием сети Интернет учитывает расходы по организации выделенного соединения, оплату трафика, но имеет проблему организации постоянных телефонных соединений и невыгодность использования телефонных сетей общего пользования.

Организация сетей с использованием РРЛ выгодна на небольшие протяженности, а с использованием кабельных соединений неприемлема вследствие высокой стоимости кабелей и низкого качества передачи информации. Другие существующие варианты организации сети, основанные на применении спутниковых каналов, имеют высокую стоимость канала и аренды оборудования, которая составляет 7-10% от стоимости оборудования в месяц.

Для устранения недостатков этих вариантов использования сетей можно рекомендовать новый экономический подход в организации связи, суть которого заключается в приобретении оборудования пользователями спутниковой сети непосредственно у его производителя, его установка и разработка тарифа за использование частоты.

Исследование рынка и прогноз потребностей показывает конкурентоспособность данного проекта.

Кроме того, для успешной деятельности организации спутниковой сети необходимо провести рекламную компанию через СМИ, сети Интернет, письма с предложением использования данного вида услуг для организации единой корпоративной сети, объединяющей все региональные отделения.

Предполагается, что основными потребителями сети будут являться достаточно платежеспособные организации.

8.6 Финансовый план

Для реализации данного проекта потребуется следующее оборудование.

Таблица 8.1 - Стоимость оборудования

Наименование оборудования	Цена оборудования , тыс.тг.	Количество оборудования	Сумма, тыс.тг
Передатчик ЗС	20 000 тг.	1	20 000 тг.
Приемник ЗС	20 000 тг.	1	20 000 тг.
Антенна ЗС	50 000 тг.	1	50 000 тг.
Блок питания	5000 тг.	1	5 000 тг.
Маршрутизатор	15 000 тг.	1	15 000 тг.
Спутниковый Модем	10 000 тг.	1	10 000 тг.
Оборудование с мультиплексорами	30 000 тг.	1	30 000 тг.
Датчики	7 000	3	21 000
Стоимость всего оборудования, $К_0$			171 000 тг.

Предполагается следующая расстановка рабочего персонала для обеспечения функционирования разработанной системы.

Таблица 8.2 - Штат сотрудников необходимых для функционирования системы

Занимаемая должность	Количество человек
Инженеры-электронщики, обслуживающие ЗС	3 человек
Операторы ЭВМ следящие за спутниковым оборудованием и состоянием радиодоступа системы	3 человека
Монтер	2 человек
Итого	8 человек

8.7.1 Расчет инвестиционных затрат

Капитальные вложения включают в себя:

$$К_{вл} = К_{обр} + К_{транс} + К_{доп.\ об.\ и\ монт.\ ср.} \quad (8.1)$$

где $К_{0бор}$ - стоимость приобретаемого оборудования для функционирования данной системы связи;

$К_{Трапс.}$ – транспортные расходы на эксплуатацию, установку и ремонт данной системы связи. Определяется укрупненным методом и берется равным 3 % от стоимости оборудования.

$$К_{Транс.} = 0,03 * К_{0бор} = 0,03 * 171\ 000 = 5\ 130 \text{ тг.}$$

$К_{доп..об.имонт.ср.}$ стоимость дополнитсльного оборудования (кабеля, изоляционная лента и т.д.) и монтажные средства (болты, гайки и т.д.). Определяется укрупненным методом и берется равным 2 % от стоимости оборудования.

$$К_{доп.\ об.\ и\ монт.\ ср.} = 0,02 * К_{0бор} = 0,02 * 171\ 000 = 3\ 420 \text{ тг.}$$

Определим капитальные вложения по формуле (8.1).

$$К_{ВЛ} = 171\ 000 + 5\ 130 + 3\ 420 = 179\ 550 \text{ тг.}$$

8.7.2 Эксплуатационные расходы

$$Э_р = ФОП + О_с + А + З_э + Н_р + А_{РС} + П_{исп.част}\ . \qquad (8.2)$$

Таблица 8.3 - Заработная плата

Должность	Кол-во человек	Оклад тг/мес	Сумма тг/мес
Инженеры-электронщики, обслуживающие ЗС	3	100 000	300 000
Операторы ЭВМ следящие за спутниковым оборудованием и состоянием радиодоступа системы	3	70 000	210 000
Монтер	2	50 000	100 000
Итого			610 000

Фонд оплаты труда (ФОТ) складывается из основной и дополнительной заработной платы и рассчитывается по формуле:

$$ФОТ = ЗП_{осн} + ЗП_{доп}$$

Расчет основной заработной платы производится следующим образом:

$$ЗП_{осн} = 610\ 000 * 12 = 7\ 320\ 000 \text{ тг.}$$

Заработная плата с учетом премиальных составляет 20% от $ЗП_{осн}$:

$$ЗП_{доп} = 0,2 * 7\ 320\ 000 = 1\ 464\ 000 \text{ тг.}$$

Подставим найденные значения в формулу (8.2):

$$ФОТ = 7\ 320\ 000 + 1\ 464\ 000 = 8\ 784\ 000 \text{ тг.}$$

Социальный налог составляет 11% от ФОТ, за вычетом отчислений в пенсионный фонд, в размере 10% от ФОТ и рассчитывается по формуле:

$$О_с = 0{,}11*(ФОТ - ФОТ*0{,}1)$$

$$О_с = 0{,}11*(8\ 784\ 000 - 8\ 784\ 000*0{,}1) = 869\ 616 \text{ тг.}$$

Амортизационные отчисления на систему связи в настоящее время составляют 15% согласно Ст.120 НК РК:

$$А = На\ (\%)*К_{вл}/100\% = 15*179\ 550\ /100 = 26\ 933\backslash \text{ тг.}$$

Расходы на электроэнергию для производственных нужд, включают в себя расходы электроэнергии на оборудование и дополнительные.

$$З_{ЭЛ.ЭН.} = З_{ЭЛ.ЭН.ОБР.} + З_{ДОП.НУЖ.,}$$

$$З_{ЭЛ.ЭН.ОБР} = W*T*S*$$

T = 8670ч - время работы;

S - тариф (1кВтч = 14,65тг для Западно-Казахстанской области РК).

$$З_{ЭЛ.ЭН.ОБР} = 15 * 8670* 14{,}65 = 1\ 905\ 233 \text{ тг/год.}$$

Затраты на дополнительные нужды возьмем по укрупненному показателю 5% от затрат на оборудование.

$$З_{ДОП.\ НУЖ.,} = 0{,}05 * 171\ 000 = 8\ 550 \text{ тг/год,}$$

$$\text{тогда } З_{ЭЛ.ЭН} = 1\ 905\ 233 + 8\ 550 = 1\ 913\ 783 \text{ тг/год.}$$

Арендная стоимость одного ствола бортового ретранслятора за 1 год составляет 1 000 000 тг., данная сумма выплачивается ежегодно владельцу спутника «KazSat 2».

$$A_{рс} = 1\ 000\ 000 \text{ тг/год.}$$

Накладные расходы составят:

$$H_р = 0{,}75 * ФОП = 0{,}75 * 8\ 784\ 000 = 6\ 588\ 000 \text{ тг.}$$

Ежегодная плата за использование частоты в РК составляет 140 МРП:

$$П_{исп.част.} = 140*1852 = 185\ 200 \text{ тг.}$$

Таким образом годовые эксплуатационные расходы составят, по формуле:

$$Э_P = 8\ 784\ 000 + 869\ 616 + 25\ 650 + 1\ 913\ 783 + 1\ 000\ 000 + 185\ 200 = 12\ 778\ 249 \text{ тг.}$$

8.7.3 Доходы компании

Расходы компании на постоянное использование цифровых каналов связи по следующим тарифам:

Казахстан – 50тг/мин

Страны СНГ – 100 тг/мин

Тарифы взяты, исходя из тарифов компаний, предоставляющих услуги связи.

Будем считать, что в среднем каналы связи одним клиентом используются с интенсивностью:

Казахстан – 18 000 мин. в год

Страны СНГ – 5 000 мин. в год

Расходы компании = (50*18 000) + (100*5 000) = 1 400 000 тг.

Экономия = 1 400 000 – 1 000 000 - 185 200- 25 650 = 189 200тг.

Срок окупаемости = 179 550/189 200 = 0.9

Вывод: Исходя из экономических показателей мы видим, что материальные расходы на спутниковый канал не высоки. Экономический эффект спутникового канала превышает нормативный экономический эффект. Приносит высокую прибыль, в связи с чем срок окупаемости не велик, и равен 9 месяцам.

Заключение

В данном дипломном проекте была спроектирована система передачи данных для нефтегазодобывающей компании «Karachaganak Petroleum Operating». Был произведен анализ существующей сети. Выбрана необходимая система передачи информации. В расчетной части дипломного проекта произведены энергетические расчеты линий вверх и вниз для городов Аксай, Оренбург и Тенгиз, рассчитано затухание сигнала, равное 207,4 дБ. Мощность передатчика земной станции равна 16Вт. Также рассчитаны необходимые диаметры антенн. В городах Оренбург, Тенгиз диаметр антенн равен 2 метра, а в главном офисе, в городе Аксай, диаметр антенны равен 2,2 метра.

Список литературы

1.Сумительнов В., Козлов К., Автоматизация территориально-рассредоточенных объектов с использованием средств MicroPC//Системная интеграция: научный журнал, №1, 2011.

2.Перминов А., Использование различных приборов учета энергоресурсов в единой системе сбора данных//Системная интеграция, №1, 2005.

3. Спутниковая связь и вещание: Справочник. - 3-е изд., перераб. и доп. / В.А. Бартенев, Г.В. Болотов, В.Л. Быков и др.; под ред. Л.Я. Кантора. - М.: Радио и связь, 1997.

4. Системы спутниковой связи / А.М. Бонч-Бруевич, В.Л. Быков, Л.Я. Кантор и др.; под ред. Л.Я. Кантора: Учебное пособие для вузов. - М.: Радио исвязь, 1992.

5. Регламент радиосвязи. Международный союз электросвязи. — Женева, 2008г.

6.Андрусевич Л.К. Антенны и распространение радиоволн.- Новосибирск: ИздательствоНГТУ

7.С.Елеферов. Расчет линий спутниковой связи - Основные понятия и формулы / Дубна-2006г.

8.Баклашов Н.И., Китаева Н.Ж., Терехов Б.Д. Охрана труда на предприятиях связи и охранаокружающей среды: Учебник. – М.: Радио и связь, 1989г.

9. Спутниковая связь и вещание: Справочник. - 2-е изд., перераб. и доп. / Г.В. Аскинази, В.Л. Быков, М.Н. Дьячкова и др.; под ред. Л.Я. Кантора. - М.: Радио и связь, 1988.

10. http://www.autobuilding.ru/phorum/viewtopic.html&f=13&archive

11.Кантор Л.Я., Тимофеев В.В. Спутниковая связь и проблема геостационарной орбиты. - М.: Радио и связь, 1988.

12. Бородич С.В. ЭМС наземных и космических радиослужб. Критерии, условия и расчет. - М.: Радио и связь, 1990.

13. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

Приложение А

Энергетические расчеты линий вверх-вниз

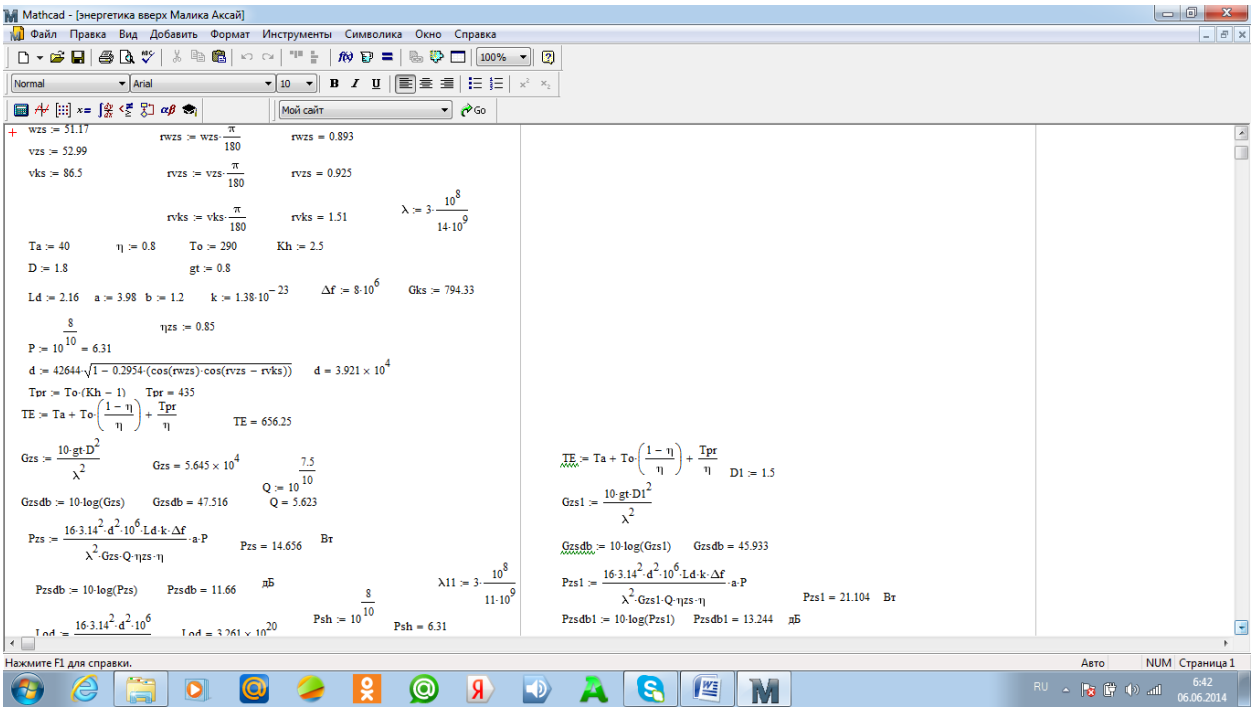

Рисунок А.1- Окно программы Mathcad

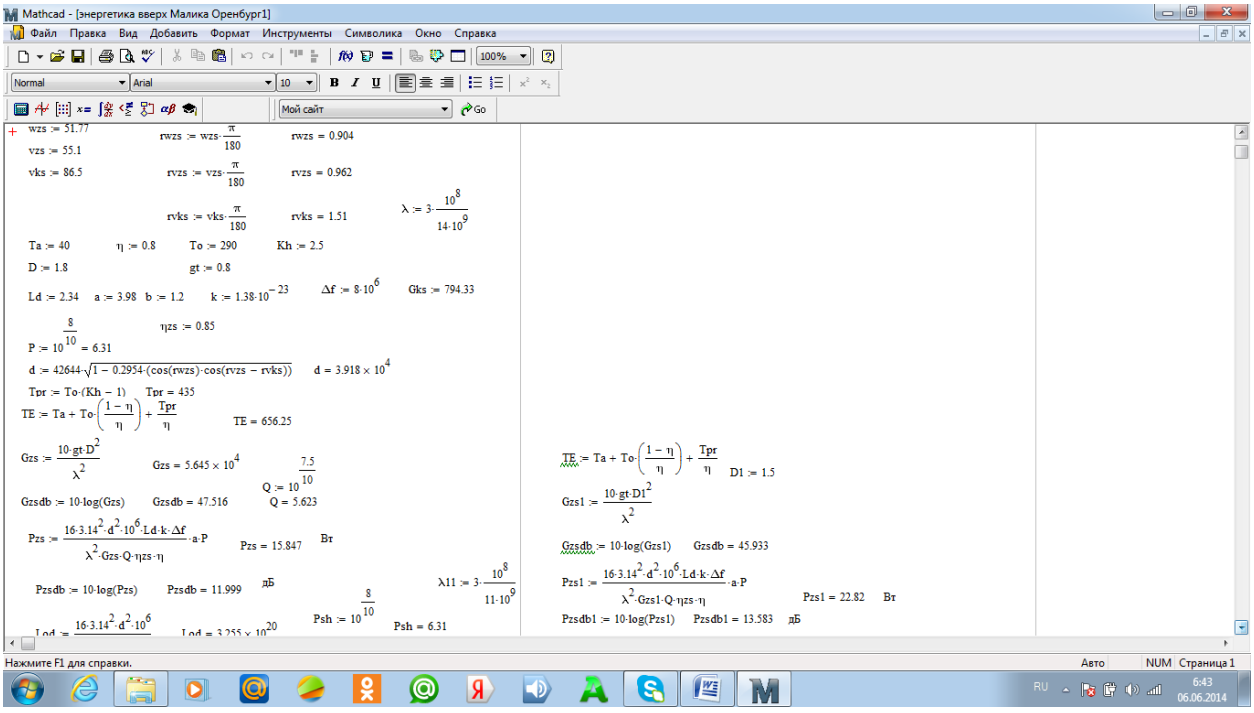

Рисунок А.2- Окно программы Mathcad

Приложение А

Продолжение приложения А

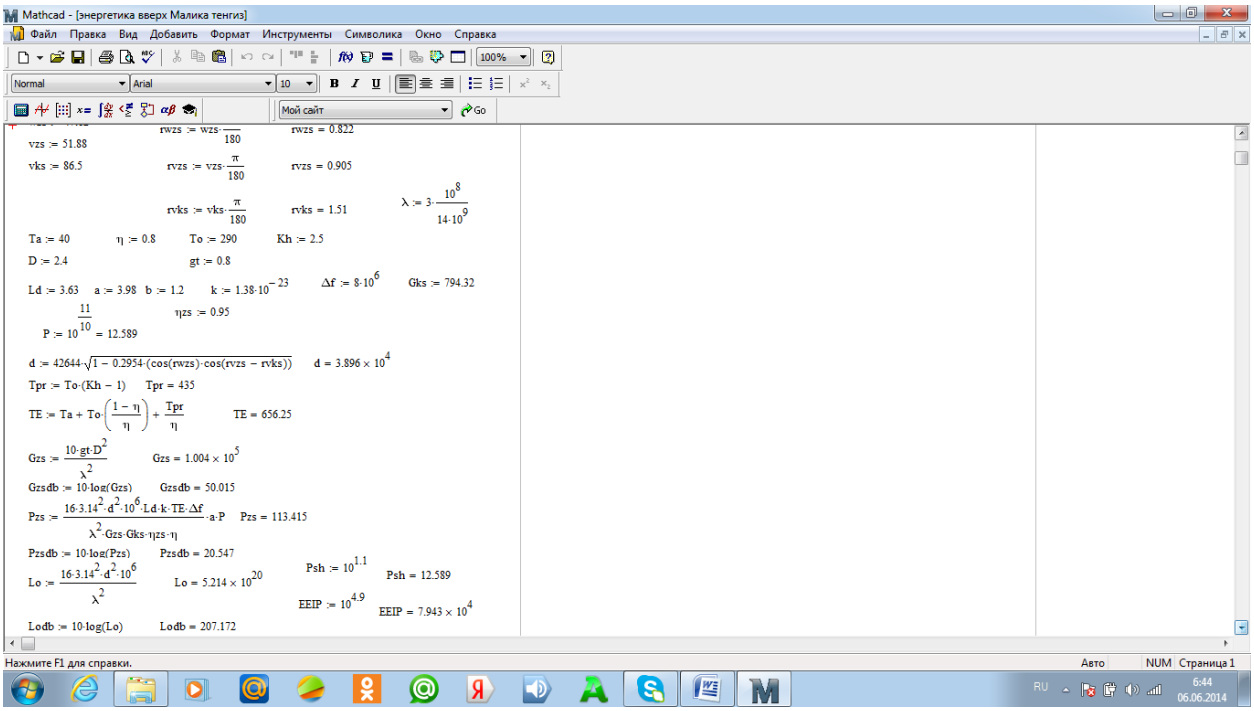

Рисунок А.3- Окно программы Mathcad

Приложение Б

Зависимость мощности передатчика от диаметра антенны

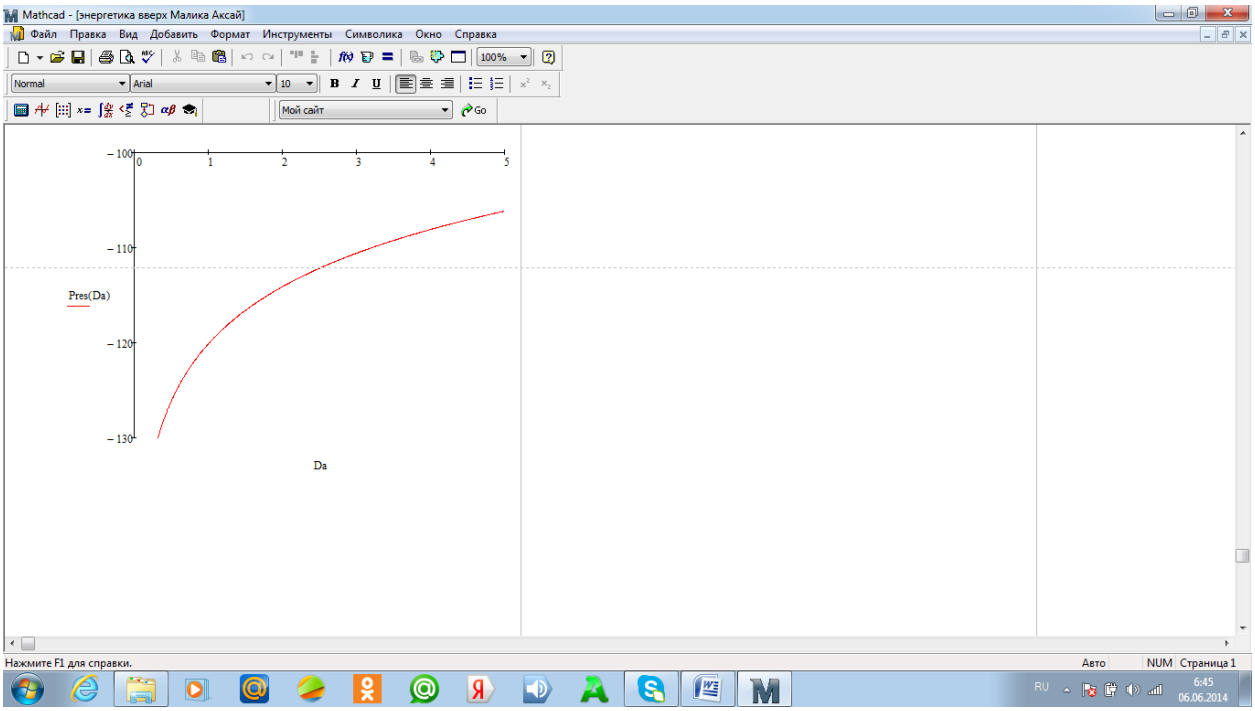

Рисунок Б.1- Окно программы Mathcad

Приложение В

Диаграмма для определения угла места и азимута при направлении антенны ЗС на геостационарный ИСЗ (ф° - широта ЗС; $\lambda - \lambda_0$ - долгота ЗС относительно долготы позиции ИСЗ)

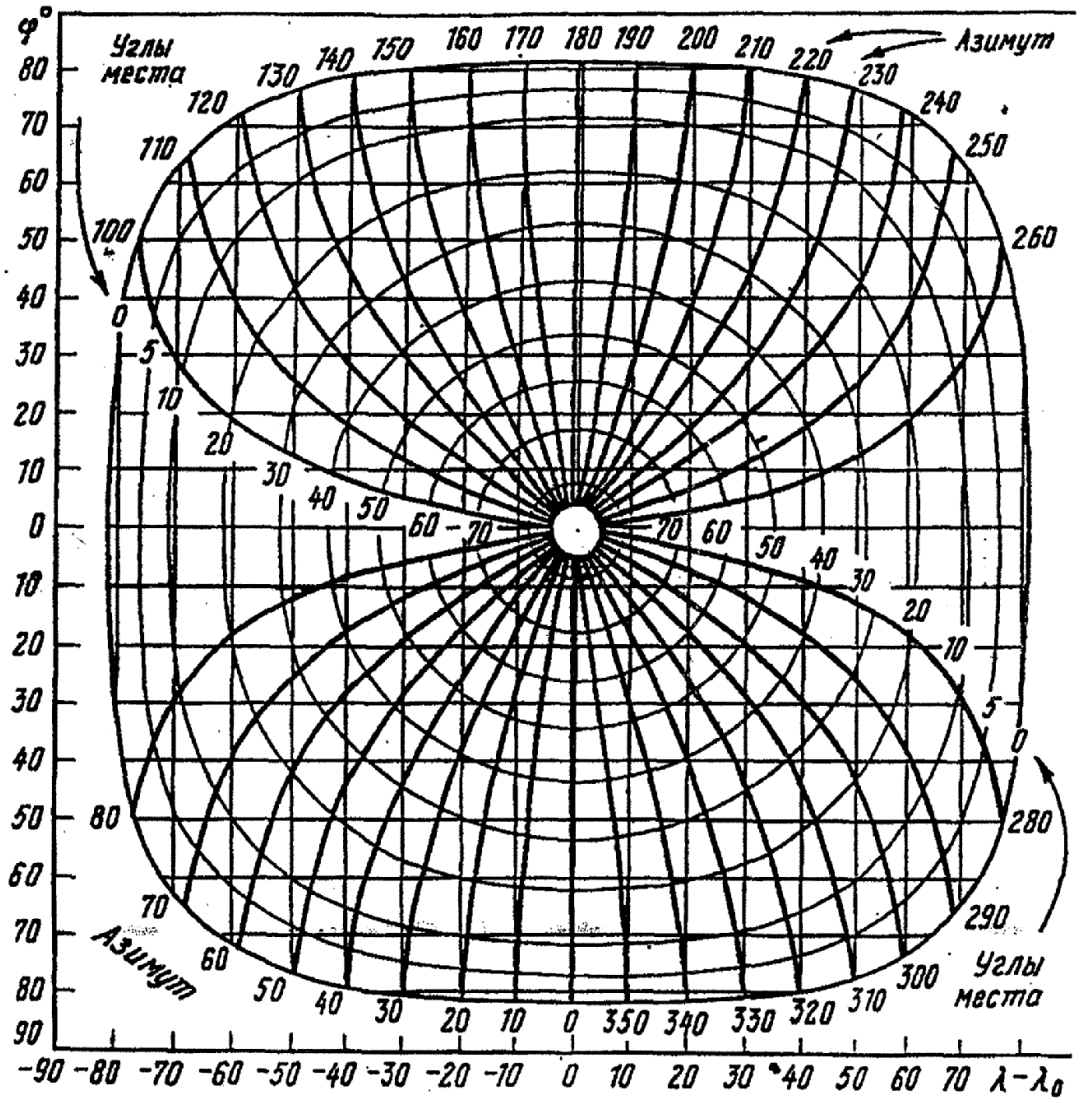

Рисунок В.1 – Диаграмма определения угла места и азимута