МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»
Кафедра Телекоммуникационных систем

«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»
Зав.кафедрой _____
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)
_____ «____» _____201___г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Организация интегрированной системы передачи данных для месторождения Акшукыр Мангистауской области

Специальность 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил Тулеубаев Абылкай Жумабекович Группа МТС-12-7
(Ф.И.О.)

Научный руководитель к.т.н. Мумак Н.Н.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)
_____ «1» 06 201 6г.
(подпись)

Консультанты:
по экономической части:
Боканова Г.Ш., доцент
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)
_____ «31» 05 2016 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
ст. преп Бегимбетова А.С.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)
_____ «31» мая 201 6 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
к.т.н, ст. преп. Ерназарова Ю.С.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)
_____ «31» 05 201 6 г.
(подпись)

Нормоконтролер: ст.преп. ТКС Кондратович А.П.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)
_____ «8» 06 2016 г.
(подпись)

Рецензент: к.ф.-м. наук, профессор КазНИТУ Нурмаков М.М.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)
_____ «2» 06 201 6 г.
(подпись)

Алматы 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет Радиотехники телекоммуникации и связи

Кафедра Телекоммуникационных систем

Специальность Радиотехника, электроника и телекоммуникация 5В 071900

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студенту Тулеубаеву Абылаю Жумабековичу
(Ф.И.О.)

Тема проекта Организация интегрированной системы передачи данных для месторождения Акшукыр, Мангистауской области

Утверждена приказом по университету № 148 от «19» 10 2015 г.

Срок сдачи законченного проекта « 25 » 05 2016 г.

Исходные данные к проекту (требуемые параметры результатов исследования (проектирования) и исходные данные объекта): Координаты месторождения Акшукыр, длина пролета 10 км. Количество 500 абонентов. Радиорелейные станции расположены в Акшукыр, Устюрт

Перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломном проекте, или краткое содержание дипломного проекта:

1) Организация интегрированной системы передачи данных для технологических целей
2) Выбор транспортной системы для технологических сетей
3) Определение интегрированной системы передачи данных Астана - Акшукыр - Устюрт.
4) Безопасность жизнедеятельности
5) Бизнес - план
6) Заключение

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Построение ССС на базе геостационарных спутников-ретрансляторов, между VSAT-терминалами; Использование комбинированной сети связи для внутри- и межрегиональной связи. Запуск радиоволн в атмосфере Земли; Профиль пролета Акшукыр - Устюрт; План помещения.

Основная рекомендуемая литература:

Кошин В.В Спутниковые системы и технологии

Крупнов А.Е., Соколов Н.А., Калистаров Д.Ю., Широв Т.О. Новые телекоммуникационные технологии в отрасли связи электросвязь

Методические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров, для студентов всех форм обучения специальности 05в071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации Алматы: АЭИС, 2008. Прайс-лист на оборудование компании „Astel"

Консультанты по проекту с указание относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Бизнес план	Бокашова Г.Ш.	01.04 - 31.05.16	
Вычисл. техника	Ефремова Ю.А	01.03. - 31.05.16	
Безопасность жизн.	Бегимбетова А.С.	01.04 - 31.05.16г.	
Спец. часть	Чумак Н.И	01.04 - 31.05.16	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Обзор теоретического материала	24.02.16 – 9.03.16	
2	Обзор проектирования района	10.03.16 – 14.03.16	
3	Выбор подходящего оборудования	15.03.16 – 24.03.16	
5	Проектирование радиорелейной линии связи	25.03.16 – 01.04.16	
6	Расчет линии „вверх", „вниз"	02.04.16 – 06.04.16	
7)	Расчет радиорелейной линии связи	07.04.16 – 12.04.16	
8	Построение профиля пролета	13.04.16 – 18.04.16	
9	Анализ условий труда	19.04.16 – 20.04.16	
10	Расчет искусственного освещения	21.04.16 – 24.04.16	
11	Составление бизнес-плана	25.04.16 – 30.04.16	
12	Расчет инвестиционных затрат и расходов	01.05.16 – 14.05.16	
13	Расчет доходов от реализации услуг	15.05.16 – 19.05.16	
14	Расчет срока окупаемости	21.05.16 – 25.05.16	

Дата выдачи задания «19» 10 2015 г.

Заведующий кафедрой _____ Байкенов А.С.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Чумак Н.И.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Тулеубаев А.Ж.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Осы дипломдық жұмыстың мақсаты байланыстың интеграциялық жүйесімен «Қазақмыс» ұйымының молибден кен орнына байланыс жүргізу болып табылады. Бұл жүйесін ұйымдастыру үшін пайдаланылатын желісінің өткізу жолағын, параметрлер жүктеу арналарын байланысты интеграцияланған байланыс жүйесін салу теориясын талдадым. Спутниктік және радиорелелік желілерін есептеу кезінде байланыс тұрақты екенін дәлелдедім. Экономикалық бөлімінде зерттеу есептерімен тиімділігіне көзім жетті. Техникалық қызмет көрсету жерсеріктік жер станциясы жабдықтар арналған денсаулық және қауіпсіздік талаптары мен қауіпсіздік денсаулығы мен қауіпсіздігі бойынша қарап өттім.

Аннотация

В данной дипломной работе целью является возможность организации интегрированной системы связи для месторождения молибдена Акшукыр Мангистауской области компании «Казахмыс». Проведено теоритеческий анализ особенностей построения интегрированной системы связи, в зависимости от параметров загрузки каналов, от пропускной способности каналов связи, используемых для организации данной системы. При определении спутниковых и радиорелейных линий связи было доказано, что связь устойчива. В экономической части рассчитывается эффективность данного проекта. А освещение диспетчерской комнаты для технического обслуживания наземной станции спутниковой оборудования рассматриваются в разделе безопасности жизнедеятельности.

Annotation

The purpose of this research paper is the possibility of organizing an integrated communication system for molybdenum field Akshykyr company KazakhMys. The theoretical analysis of construction of an integrated communication system, depending on the settings download channels from the network bandwidth used for the organization of this system. In the calculation of satellite and radio relay lines it has been proven that the connection is stable. A health and safety requirements and safety for maintenance satellite earth station equipment shall be considered under health and safety.

Содержание

Введение 8
1 Организация интегрированной системы передачи данных для технологических целей 9
1.2 Использование интегрированных сетей 9
1.3 Виды транспортных сетей связи, используемых в интегрированных сетях связи 10
1.3.1 Волоконно– оптические линии связи 10
1.3.2 Спутниковые системы связи 13
1.3.3 Кабельные системы 16
1.3.4 Радиорелейная связь 18
2 Выбор транспортной системы для технологической сети 20
2.1 Разновидности интегрированных сетей связи 21
2.2 Требования для современных сетей связи 22
2.3 Теоретическое обоснование объединения наземных и спутниковых систем связи 23
2.4 Выбор интегрированной технологической сети связи 28
2.5 Вывод 30
2.6 Определение энергетического участка вверх слсзс - изс kazsat 2 30
2.6.1Пропускная способность канала 30
3 Расчетная часть 31
3.1 Определение Энергетических параметров участка вверх Астана - KazSat 2 33
3.1.2 Пропускная способность канала 33
3.1.2 Наклонная дальность между ЗС и КС 34
3.1.1Суммарная шумовая температура 34
3.1.3 Коэффициент усиления земной станции 35
3.1.4 Мощность передатчика земной станции: 35
3.1.5 Ослабление сигнала на участке ЗС—КС 36
3.1.6 Суммарная мощность шумов на входе приемника 37
3.1.7 Уровень сигнала на входе РПУ 37
3.2 Расчет энергетики участка вниз СЛС ИЗС KazSat 2- ЗС 38
3.2.1 Суммарная шумовая температура: 38
3.2.2 Коэффициент усиления земной станции 38
3.2.3 Мощность передатчика спутниковой станции 38
3.2.4 Суммарная мощность шумов на выходе приемника 39
3.3 Расчет профиля пролета Акшукыр – месторождение. 40
3.4 Проверка норм на неготовность 42
3.5 Расчет времени ухудшения радиосвязи из-за многолучевого распространения 42
3.6 Вывод 44
4 Бизнес – план 45

4.1 Определение инвестиционных затрат 45
4.2 Эксплуатационные расходы 46
4.3 Определение срока окупаемости 50
4.4 Вывод 54
5 Безопасность жизнедеятельности 54
5.1 Анализ условий труда 54
5.1 Анализ условий труда 59
Заключение 63
Список литературы 65
Приложение а результаты рассчета 66
Приложение б окна определение, выполненные в программе mathcad 14 67

Введение

В настоящее время сотовая связь является незаменимой частью повседневной жизни и любого производства. Для горнодобывающей отрасли связь нужна для поддержания связи на отдаленных участках с другими филиалами страны. Технологические радиосети обмена данными создаются для решения комплекса функциональных задач, связанных с организацией мониторинга состояния (сбора данных о техническом и/или оперативном состоянии), оперативно-диспетчерского управления и информационного обеспечения в условиях, когда использование других систем связи невозможно или неэффективно. Значительная часть таких радиосетей предназначена для обеспечения в качестве основного или резервного средства функционирования критически важных и ответственных приложений, сбой в работе которых может приводить к серьезным авариям и катастрофам.

Рост важности таких радиосетей в последнее время обусловлен активизацией хозяйственной деятельности и строительством объектов топливной и электроэнергетической и добывающей отраслей на территории Казахстана.

Потому что информационный прогресс движется и развивается с высокой скоростью, встала проблема изменения инфраструктуры информационных сетей во всем мире. Уже сейчас мы можем наблюдать, что отдельные системы связи постепенно подходят к концу своего существования как отдельного вида. И скорее всего будущее за структурами, которые включают в себя транспортный механизм информационной передачи, учитывающий особенности всех включенных в сеть информационных потоков. Интегрированные системы дают возможность объединить телекоммуникационные структуры разного вида, тем самым подтверждая использования подобных систем. Интегрированные системы могут включать в себя системы на базе спутниковых, волоконно-оптических, кабельных и радиорелейных каналов.

В данной дипломной работе рассмотрены такие вопросы:

– потенциал проектирования интегрированной связи на территории Казахстана и существующих филиалов компании;

– синхронность различных видов сетей и использование достоинств этих сетей;

– представление возможной схемы построения интегрированной системы связи;

– определение основных показателей надежности проектируемой системы.

1 Организация интегрированной системы передачи данных для технологических целей

1.1 Современное состояние интегрированных систем связи

Инфраструктура телекоммуникаций в настоящее время в регионах (областей, стран, мира) и между ними разделена неравномерно. Такую обстановку можно объяснить географическими показателями, уровнем финансового потенциала этих регионов и так далее. В следствии мы видим, что карта мира, с точки зрения телекоммуникаций, представляет собой совокупность большого количества крупных городов, стран, островов, развитых регионов, которые имеют развитые телекоммуникационные строения, преимущественно преобладающие широкополосными линиями связи и этим самым предоставляют широкий спектр услуг (Европа, Северная Америка). Между этими регионами создается большая потребность в телекоммуникационных услугах и широкополосной связи. Кроме этого существует регионы, так называемые белые пятна, в которых похожая структура слабо развита, а время от времени просто отсутствует (Азия, Африка). Предоставление прогрессивных услуг связи в таких регионах возможно разными способами [1]:

– проектирование инфраструктуры с помощью прокладки наземных широкополосных каналов связи. Волоконно-оптическая система связи имеет большое количество преимуществ - он не подвергается внешним помехам, сырости, не окисляется и вовсе не подвергается коррозии. И еще у него слишком малый уровень потерь - до 0.1 дБ/км. Хотя надо учесть, что прокладка и реализации будут требовать долгого времени и немалых денежных вложений;

– создание спутниковых каналов связи. Это уменьшает время начала предоставления телекоммуникационных услуг на исходном этапе информатизации регионов и имеет доступную стоимость реализации. В последующих стадиях становления телекоммуникаций, спутниковые системы связи данных регионов можно применять для резервного копирования наземных сетей связи.

Так при организации сетей связи нужно обязательно помнить, что все недостатки отдельного вида системы связи, и их влияние на эффективность сети в целом. Для этого при проектировании надо знать, что на одних участках магистралей следует организовать спутниковые или радиорелейные каналы, а на других - наземные каналы.

1.2 Использование интегрированных сетей

Сейчас технологии развиваются с огромной скоростью, появилась проблема изменения инфраструктуры информационных сетей во всем мире. Уже сейчас мы можем наблюдать, что отдельные системы связи постепенно

достигают к финишу своего существования как отдельного вида. И более возможно будущее за структурами, которые включают в себя транспортный механизм информационной передачи, учитывающий особенности всех включенных в сеть информационных потоков. Ситуация намного сложнее, когда интегрированные системы основаны на базе локальных сетей, которые уже существуют и которые строились независимо друг от друга, т.е. на совершенно разных аппаратах. Транспортные механизмы и протоколы, применяемые в интегрированных сетях, должны иметь возможность совмещения.

Интегрированные системы дают потенциал объединить телекоммуникационные структуры разного вида, тем самым подтверждая использования подобных систем.

Интегрированные системы могут включать в себя системы на базе спутниковых, волоконно-оптических, кабельных и радиорелейных каналов.

1.3 Виды транспортных сетей связи, использующихся в интегрированных сетях связи

1.3.1 Оптические каналы связи

Оптическая линия связи - это один из видов системы передачи данных, которая передает информацию по оптическим диэлектрическим волноводам, популярным под названием оптическое волокно. Оптическая технология связи - это информационная сеть, в которой волоконно-оптические линии связи связывают элементы между узлами. В волоконно-оптическую технологию включены в себя вопросы оптического волокна, стандартизации передающего оборудования, топологии построения сетей, протоколов передачи. [2]

Оптические линии связи быстро внедряется в инфраструктуру. Источником является огромное количество достоинств, истекающий из особенностей распространения сигнала в оптическом волокне.

Достоинства оптических линий связи.

Оптика имеет такие достоинства, как:

а) Широкая полоса пропускания высокой частоты, несущей 1,014 кГц, что дает возможность потенциально возможной передачу потока информации в несколько Терабит в секунду только по единственному оптическому волокну. Именно широкая полоса пропускания есть одним из больших достоинств оптического волокна над другими средой передачи информации (медная, коаксиальная и т.д.).

б) Малое затухание сигнала в оптическом волокне. Отечественные и зарубежные производители оборудования делают промышленное оптоволокно, затухание которого будет 0,2-0,3 дБ при длине волны 1,55 мкм в определение на один километр. Малая дисперсия и затухание делают возможным создавать участки линий длиной до 100 км и более, без помощи ретрансляторов.

в) Низкий уровень шумов в оптическом волокне делает возможным увеличение полосы пропускания, при помощи передачи различной модуляции сигналов с низкой избыточностью кода.

г) Высокая помехозащищенность - диэлектрический материал, при помощи которого разрабатывается волокно, не подвергается действиям электромагнитных шумов со стороны внешних кабельных систем и цифрового оборудования, который индуцирует магнитное излучение (сеть электропередачи, электродвигательные установки и т.д.). Обычно не сталкивается с вопросами перекрестного воздействия электромагнитного излучения в волоконных кабелях.

д) Малый вес и объем. Если сравнивать оптоволокно с медными кабелями, то для оптоволокно характерна вес и объем меньше в определении на равную пропускную способность. К примеру, 900-парный телефонный кабель, имеющий диаметр 7,5 см, заменяется единственным волоконно-оптическим кабелем с диаметром 0,1 см. Диаметр ВОК будет равен 1,5 см со всеми защитными оболочками и с покрытием стальной ленточной брони, и это будет в 5 раз меньше заменяемого телефонного кабеля.

е) Защищенность от внезапного доступа. Прослушивание информации, передаваемой по ВОЛС, не нарушая линию связи невозможно, поэтому оптическое волокно не излучает в радиодиапазоне. Служба постоянно контролирует целостность волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) можно отметить взлома, и звучит сигнал тревоги из-за высокой чувствительности волокна. Сенсорные системы практикует распределенные интерференции световых сигналов (могут быть из различных волокон и поляризации), и имеет очень высокую чувствительность к малым изменениям давления и вибрации. Такие системы должны создавать ссылки в спецслужбах, есть повышенные требования защиты данных (правительство, банк и другие специальные услуги).

ж) Гальваническая развязка элементов системы. Данное преимущество оптического волокна заключается в его диэлектрическом свойстве. Волокно позволяет предотвратить электрические «земельные» петли, возникающие при соединении медным кабелем двух сетевых устройства неизолированной вычислительной системы, которые заземлены на разных этажах здания. Это можно привести к большой разности потенциалов, что вредит оборудование. Волокно не имеет такой проблемы.

з) Взрывоопасность и пожаробезопасность оптического волокна. Волоконной оптике не образуется искра, тем самым при обслуживании технологических процессов повышенного риска на химических, горнодобывающих предприятиях повышает безопасность сети.

и) Экономичность использования оптического волокна, изготовленного из кремния, основа которого двуокись кремния. В отличие от меди, двуокись кремния более популярна, и поэтому считается недорогим материалом.

2 к 5 – отношение стоимостей волокна и медной пары. При использовании ВОК количество повторителей сокращается, потому что волокно передает сигналы на более длительные расстояния по сравнению с медью. При скорости передачи 10 Гбит/с достигнуто расстояние в 4000 км без регенаторов (то есть использовались только оптические усилители) с использованием сотни тонных систем передачи.

к) Длительный срок пользования. Со временем затухание в проложенной оптике растет. Но учитывая стремительный прогресс современных технологий, при использовании оптического волокна значительно замедлился этот процесс, а срок службы ВОК начал составлять около 25 лет.

л) Удаленное электропитание. На практике встречаются случаи, когда потребуется подача удаленного электропитания для узла информационной сети. В таких случаях есть возможность использования смешанного кабеля, когда с оптическим кабелем используется медный проводящий элемент, потому что оптическое волокно не может выполнять функции силового кабеля. Такой кабель широко используется как в нашей стране, так и за рубежом.

Из этого следует, что оптические линии связи являются наиболее оптимальным решением для сетей, здесь на первом месте стоит качество, скорость и надежность.

Наряду с большим количеством достоинств у волоконно-оптической сети есть ряд недостатков: огромная цена прецизионного монтажного оборудования. С приходом новых технологий в волоконно-оптические сети, скорее всего большинство недостатков будут исправлены.[3]

а) Стоимость установочного оборудования. Электрические сигналы должны преобразовываться оптические и наоборот. Цена на оптические передатчики и приемники остается пока еще довольно высокой. При создании оптической линии связи также требуются более надежные специализированное коммутационное пассивное оборудование, оптические соединители с малыми потерями и большим ресурсом на подключение-отключение, оптические разветвители, аттенюаторы.

б) Монтаж и обслуживание оптических линий. Стоимость работ по установке, тестированию и поддержке волоконно-оптических линий связи также остается высокой. Если же повреждается волоконно-оптический кабель (ВОК), то надо сделать сварку волокон в месте разрыва и защищать этот участок кабеля от воздействия внешней среды. Производители тем временем поставляют на рынок все более совершенные инструменты для установочных работ с ВОК, уменьшая цену на них.

в) Требование особенной защиты волокна. Стекло как материал выдерживает колоссальные нагрузки с пределом прочности на разрыв выше 1ГПа (109 Н/м^2). Это, казалось бы, означает, что волокно в единичном количестве с диаметром 125 мкм выдержит вес гири в 1 кг. К сожалению, на

практике это не достигается. Причина в том, что оптическое волокно, каким бы совершенным оно не было, имеется микротрещины, которые повлияют на разрыв. Для повышения надежности оптическое волокно при изготовлении покрывается специальным лаком на основе эпоксиакрилата, а сам оптический кабель упрочняется, например: нитями на основе кевлара (kevlar). Если требуется удовлетворить еще более жестким условиям на разрыв, кабель может упрочняться специальным стальным тросом или стеклопластиковыми стержнями. Но все это влечет увеличение стоимости оптического кабеля.

Преимущества от применения волоконно-оптических линий связи настолько значительны, несмотря на перечисленные недостатки оптического волокна, дальнейшие перспективы развития технологии волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) в информационных сетях более чем очевидны.

1.3.2 Спутниковые системы связи

Спутниковая связь — это один из видов радиосвязи, использующий искусственные спутники в качестве ретрансляторов. Она реализовывается между земными станциями, которые могут быть как стационарными, так и подвижными. Терминал VSAT состоит из спутниковой антенны, модема и приемопередатчика. Работа системы осуществляется через связь центра управления и спутника-ретранслятора. VSAT – технология, позволяющая организовать систему, независимую от наземных каналов связи.

Идея такой связи принадлежит английскому ученому Артуру Кларку, который еще в 1945 году предложил создать системы спутников связи на геостационарных орбитах, но не запатентовал это изобретение, так как считал, что реализовать подобное на практике немыслимо. Однако уже в 1950-х его идеи начали воплощаться в жизнь – СССР запустил первый искусственный спутник с радиоаппаратурой на борту. А в 1965 году появился первый настоящий спутник связи «Молния-1». В то же самое время американцы создали первый прототип VSAT, экспериментируя с сетью спутниковой телефонной связи на Аляске. В то время самая компактная спутниковая станция имела антенну диаметром 9 м и стоила полмиллиона долларов.

Возможности первых спутников были более чем скромными, но с тех пор прошло много времени и технологии шагнули далеко вперед. Спутниковая связь развивается и становится все более доступной. Последние достижения в этой области говорят об огромном потенциале в расширении пропускной способности каналов передачи. Будущее систем спутниковой связи за широкополосными широковещательными приложениями и спутниковыми системами подвижной связи. Главное преимущество спутниковой связи – возможность осуществлять связь в любой точке мира, даже в самых отдаленных от цивилизации местах. Для российских условий это особенно актуально, ведь в нашей стране телекоммуникационные сети развиты далеко

не повсеместно. Такие услуги связи просто незаменимы для организаций, занимающихся геологоразведкой, на буровых станциях, в нефтедобывающих отраслях промышленности. Первыми оценили преимущества спутниковой связи медиахолдинги и лишь потом – госструктуры и крупные корпорации.

Причина такой востребованности понятна – посредством спутниковой связи можно быстро сформировать обширную сетевую инфраструктуру, которая не будет зависеть от наземных каналов связи.

Двухсторонний спутниковый интернет, телефония, корпоративная спутниковая сеть, мобильная спутниковая связь, видео-конференц-связь, аудио-конференц-связь, передача данных различного объема, спутниковые каналы связи – вот далеко не полный список возможностей спутниковой связи. Однако при всем развитии технология все же имеет и свои недостатки. Один из ключевых минусов системы – задержка распространения сигнала. Это особенно критично в телефонной связи и других приложениях real-time. Следует также отметить, что на качество спутниковой связи оказывают влияние и атмосферные явления. Свести эти недостатки к минимуму можно посредством приобретения действительно качественного оборудования (как правило – производства США) и грамотной профессиональной настройки.

Спутниковые системы связи. Существует несколько вариантов организации спутниковой связи, у каждого из которых есть свои специфические сферы применения. Классификация современных систем связи, прежде всего, основывается на типе абонентского терминала. Последние, в свою очередь, подразделяются на терминалы фиксированной службы спутниковой связи (ФСС) и на терминалы подвижной службы спутниковой связи (ПСС). К самым распространенным терминалам первого типа относятся VSAT-станции или системы VSAT (Very Small Aperture Terminal – терминал с очень маленькой апертурой). Это станция спутниковой связи с антенной диаметром 0,9-2,4 м, предназначенная для передачи данных и голосового трафика по каналам спутниковой связи. VSAT терминалы – наилучший способ организации связи там, где инфраструктура развита слабо – например, в местах добычи нефти и газа.

Среди терминалов второго типа шире всего распространены абонентские спутниковые «трубки» систем Iridium и Globalstar. Системы подвижной спутниковой связи разрабатывались для организации связи между мобильными объектами, то есть находящимися в движении. В частности – для организации морской, воздушной, автомобильной и железнодорожной спутниковой связи.

Зона покрытия и частотный диапазон

Канал связи, устанавливаемый между спутником и станцией, характеризуется в первую очередь частотным диапазоном. Существует несколько частотных диапазонов:

- С-диапазон (6 ГГц / 4 ГГц);

- Ku-диапазон (14 ГГц / 11 ГГц);
- Ka-диапазон (30 ГГц / 20 ГГц).

С-диапазон, как правило, используется для организации средне- и высокоскоростных магистральных каналов. Он наименее всего подвержен влиянию атмосферы Земли.

Шире всего в наши дни используется Ku-диапазон, предоставляющий оптимальное соотношение зон покрытия и размеров абонентских наземных станций. Именно этот факт дал толчок к развитию VSAT-сетей, где используются антенны диаметром до 2,4 м.

Использование Ka-диапазона в фиксированной спутниковой службе дает возможность применения антенн с диаметром менее 75 см и организации высокоскоростных спутниковых каналов (до 10-15 Мб/с) на одного абонента. Появление этого диапазона дало мощный стимул развитию спутниковой связи и значительно расширило сферу ее применения за счет снижения стоимости технологии.

Содействие распространению передовых телекоммуникационных технологий в развивающихся странах может быть долгосрочной стратегией, которая позволит этим странам демократизировать общество. Чтобы сделать это, владельцы некоторых ССС дают местным властям возможность полностью контролировать земные станций, которые будут расположены на территории своих государств, а обязуются не предоставлять телекоммуникационные услуги конечным пользователям, которые могут быть восприняты этими правительствами как угроза против национальных интересов. Все это наряду с успехами в области микроэлектроники, созданием новых пусковых комплексов и ракет, а также практик для быстрого развертывания мощных групп ССС определяет необходимость и возможность для расширения использования CAS [5].

Недостатки спутниковых систем связи:

а) Слабая помехозащищённость. Большие расстояния между земными станциями и спутником, поэтому отношение сигнал / шум в приемнике, слишком мал (гораздо меньше, чем для основной массы радиорелейных линий строк). Для обеспечения этих условий, разумный шанс пропустить, надо использовать большие антенны, компоненты с низким уровнем шума и сложные помехоустойчивых кодов. Особенно остро проблема в системах мобильной связи, так как они имеют ограничение на размер антенны, а также мощности передачи:

б) Влияние атмосферы. На качество спутниковой связи сильно влияют эффекты в таких слоях атмосферы, как тропосфера и ионосфера.

в) Поглощение в тропосфере. Сигнал поглощения определяется атмосфере в зависимости от его частоты. Высокие темпы поглощения составил 22,3 ГГц (резонанс паров воды) и 60 ГГц (резонанс кислорода). Вообще поглощения сильно влияет для распространения радиосигналов с частотой выше, чем 10 ГГц (т.е., начиная с Ku-диапазона). Поглощение в

распределении радиоволн в окружающей среде затухание присутствует, источником которого является амплитуда показателя преломления в различные его слои

г) Ионосферные эффекты. Из-за колебаний в распространении свободных электронов. Для ионосферных эффектов, которые влияют на распространение сигналов, в том числе предсердий, поглощения, задержки распространения, дисперсии, изменения частоты вращения, плоскости поляризации. Эти эффекты ухудшают с увеличением частоты. Для радиоволн с частотами 10 ГГц и выше, эффект невелик. Сигналы от низкой частоты (L-диапазона и С-диапазона часть) происходит из- за нарушения в ионосфере. Результатом этого мерцания - это постоянно меняющийся уровень сигнала.

д) Задержка сигнала. Проблема, как с передачей сигнала, так и приемом задержки влияет на все спутниковые системы. Длинные задержки собственные системы, которые используют спутниковый ретранслятор на геостационарной орбите. В этом варианте осуществления задержка из-за ограниченной скорости распространения радиоволн около 250 мс, и в свете мультиплексирования, коммутации и обработки сигналов задержка может быть до 400 мс.

Нежелательно задержка распространения в большинстве приложений реального времени, например, в телефонной связи. Таким образом, если время распространения сигнала по каналу спутниковой связи составляет 250 мс, разница во времени между копии абонентов не может быть меньше, чем 500 мс [6].

В некоторых системах (к примеру, в системах VSAT, практикующих топологию «звезда») сигнал два раза передается через спутниковый канал связи (от терминала к центральному узлу, и от центрального узла к другому терминалу). В этом случае общая задержка увеличивается в два раза. Использование спутниковых линий связи является необходимым в труднодоступных участках, требующих быстрого развертывания, большой скорости передачи, и некритичных к задержкам.

1.3.3 Кабельные системы

Витая пара - кабель, состоящий из нескольких или одной пар скрученных между собой изолированных медных проводников, заключенных в внешнюю общую оболочку. Их свивание между собой надо для уменьшения электромагнитных помех, исходящих из внешней среды, а также взаимных наводок во время передачи дифференциальных сигналов.

Неэкранированная витая пара, кстати, имеет низкую устойчивость к электромагнитным помехам и подслушиванием. Перехват информации, передаваемой по сети, можно использовать прямой контакт (например, с помощью двух игл). Близость же метод, чтобы перехватить электромагнитные поля, излучаемые кабеля. Так что, если вы заботитесь о коммерческой тайне, то оставаться лучше экранированные кабели [7]. Экранированный кабель, в

отдельности витая в каждой оболочке экран провода или просто вообще экран или экранирование обоих вариантов, могут быть использованы одновременно. Таким образом, как негативного воздействия извне, и взаимного друг на друга влияния в пар. Для защиты от шума, аналогичной кабеля обязательно требует заземления. Конечно, это витой пары гораздо дороже. Кроме того, при использовании требует специальных экранированных разъемов, розетки, патч-панели. Это все делает его менее популярным кабель [6]. Благодаря своей структуре, витая пара обладает рядом отличительных черт, сделавших ее столь на сегодняшний день популярной.

Достоинствами витой пары является:

а) Малая стоимость (витая пара дешевле коаксиального ка-беля, не упоминая уж об оптоволокне).

б) Гибкость. Благодаря высокой пластичности материала, витая пара гораздо удобнее для прокладки, особенно в городских условиях.

в) Простота эксплуатации. Несложная конструкция разъемов на конце кабелей облегчает процесс монтажа, эксплуатации и ремонта.

г) Использование разных технологий (Ethernet, Token Ring, стан-дартная телефония).

д) Универсальность структурированной кабельной системы (СКС) на основе витой пары позволяет применять как разнообразное оборудование, так и разные типы сетевых протоколов.

е) Удобство администрирования СКС.

ж) Администрирование и обслуживание СКС на основе витой пары требует меньше трудовых затрат, чем устаревших моделей, что экономит ваши средства.

При всех этих преимуществах витая пара имеет ряд недостатков, которые важно помнить. Малое расстояние. Большее ослабление, чем коаксиальный кабель и низкой помехоустойчивости уменьшает длину линий связи на основе витых пар до 100 метров.

Необходимость переключателя/концентратора. Звездчатые сети на базе витой пары в середине переключателя. От него тянуть провода для всех рабочих станций.

Приобретение головного центра требует определенных единовременных расходов, которые, быстро восстановленные за счет снижения эксплуатационных расходов.

Коаксиальный кабель был недавно самым распространенным типом кабеля. Это объяснялось двумя причинами. Во-первых, он был относительно недорогим, легким, гибким и удобным в применении. А во-вторых, широкая популярность коаксиального кабеля привела к тому, что он стал безопасным и простым в установке [8].

Простой коаксиальный кабель, состоящий из медного проводника, изоляции, окружающих его на экране в виде металлической оболочки и внешней оболочки. Если кабель, кроме металлической оплетки, имеет слой

фольги, он называется кабелем с двойной экранизацией. В присутствии сильных помех, вы можете использовать экран кабеля. Она состоит из двойного слоя фольги и двойного слоя металлической арматуры. Коаксиальный кабель более устойчивый к помехам. Задняя подвеска скручены так, что он может быть использован на больших расстояниях и в случае, когда высокие скорости передачи данных осуществляется с помощью простого метода. Основным недостатком коаксиальных кабелей имеют максимальную емкость, которая не превышает 10 Мбит / с, что в сегодняшней сети считается недостаточным.

Возможно, были использованы коаксиальный кабель, но есть две проблемы: во-первых - точка доступа в сеть расположены последовательно, и отказ одного из них приводит к неисправности всей сети, и второе значение хорошего коаксиальный значительно выше, чем затраты скручены.

1.3.4 Радиорелейная связь

Радиорелейная связь по-прежнему остается важнейшей составной частью транспортных систем разного уровня – от ведомственных до международных.

Достоинства радиорелейной связи. Следует сказать, что нее значение радиорелейной связи на магистральном уровне было утеряно – ее повсеместно вытесняет волоконно-оптическая связь, но не везде и не всегда. На относительно пустынных или неосвоенных, а также тяжело рельефных территориях, в ряде случаев для дублирования отдельных участков оптики, как предтеча ВОЛС (при надобности развернуть связь, не дожидаясь завершения строительства оптических линий), радиорелейная связь вполне достойно востребована на магистральном уровне и сегодня [9].

Завершающий этап в развитии существующей радиорелейной линии взял в новых коммуникационных технологиях, таких как мобильный и WLL связи различных технологий радиодоступа для передачи данных. Именно эти технологии, которые требуют строительства большого количества базовых станций и точек доступа. Они широко используются в качестве радиорелейной передачи наиболее практичным (с точки зрения стоимости и скорости развертывания) методом доставки информации - для каждой базовой станции не проложили. Эксперты, как ожидается, будет продолжать увеличивать значение и применение радиорелейной передачи, особенно в свете развития широкополосного беспроводного доступа в прошлом, в том числе на базе технологии WiMAX.

Радиорелейная связь незаменима, потому что связанна с невозможностью использования другой связи или нецелесообразно по экономическим причинам или по другим причинам - часто с использованием микроволновой передачи остается единственным способом обеспечить передачу трафика.

Основные типы задач, решаемых с помощью данного типа оборудования, организует кросс-сайт соединения, абонентские розетки, , в технологии строительства длинных линий. Спектр применения усовершенствованной цифровой радиорелейной связи достаточно широк, что связано с достоинствами разворачивания такой связи. В частности, оборудование радиорелейной связи позволяет быстро наращивать возможности системы связи с помощью установки оборудования в помещениях узлов связи, используя антенно-мачтовые устройства и другие сооружения, что уменьшает капитальные затраты на создание радиорелейных линий связи. Радиорелейная связь незаменима для организации многоканальной связи в регионах со слаборазвитой или с отсутствующей инфраструктурой связи. А также на участках местности со сложным рельефом, для развертывания разветвленных цифровых сетей в регионах, больших городах и индустриальных зонах, здесь прокладка новых кабелей слишком дорога или невозможна. Весьма эффективна радиорелейная связь для восстановления связи в районах стихийных бедствий или при спасательных операциях [10].

В последние годы радиорелейная связь широко используется для построения ведомственных и корпоративных сетей, позволяя оперативно и эффективно обеспечивать связь между удаленными офисами, создавать системы управления и контроля, к примеру, на нефтегазовых магистралях, обеспечивать связью месторождения.

А относительно новых приложений радиорелейной передачи в последние годы стала реализация задач «последней мили» - с помощью служб радиосвязи доступны для абонентов голосовой телефонии, передачи данных (Интернет), кабельное телевидение. Особенно эффективно их использование в пригородах и сельских районах с плохой телекоммуникационной инфраструктурой. В то же время, в зависимости от ситуации, радиорелейной могут быть использованы для решения таких проблем, как "последняя миля". В качестве отдельного независимого блока в присутствии части радиорелейной функционально полного абонентских терминалов или в комбинации с терминального мультиплексора оборудования или АТС оборудование, а также в сочетании с другими формами радиодоступа [11]. Некоторые из основных преимуществ микроволновой передачи проводного подключения:

а) Технологические:

– оперативное развертывание с относительно небольшими затратами;

– возможность организации многоканальной связи и передачи любых сигналов, как узкополосных, так и широкополосных;

– нечувствительность к пересечениям радиорелейных линий связи с водными препятствиями или транспортными магистралями;

– рациональная организация связи в труднодоступных местах;

– поддержка разнообразной топологии, отвечающей к инфраструктуре: магистраль, звезда, дерево, кольцо.

б) Ценовые:

– стоимость 1 км РРЛ в десятки раз дешевле, чем ВОЛС;

– высокая эксплуатационная рентабельность;

– низкая стоимость эксплуатации, малочисленный эксплуатационный штат.

У радиорелейных линий связи имеются недостатки по сравнению с кабелями, как и недостаток радиосвязи вообще, открытое распространение волн в окружающем пространстве и открытое расположение всех технических сооружений. Это обстоятельство может увеличивать возможность повреждения технических средств в некоторых ситуациях, а также снижает защищенность передаваемой информации от перехвата.

Отличительными недостатками радиорелейной связи является:

а) Необходимость обеспечения прямой геометрической видимости между антеннами соседних станций;

б) Необходимость использования высокоподнятых антенн;

в) Использование промежуточных станций для организации связи на большие расстояния, что является причиной снижения надежности и качества связи;

г) Громоздкость аппаратуры;

д) Сложность в строительстве радиорелейных линий в труднодоступной местности [12].

2 Выбор транспортной системы для технологической сети

После анализа всех видов транспортных сетей и строительстве сооружений, раствор для такой большой сети спутниковой системы. Можно взять ВОЛС, которая имеет хорошее качество, высокую помехоустойчивость, высокую скорость передачи и будет служить в течение длительного времени; но помните, что строительство оптики очень дорого и не всегда возможно построить его, в зависимости от того, как пакет. В этом случае спутниковые сети адекватно заменить оптику для скорости передачи и в любом месте является быстрое развертывание. Силовой кабель дешевле оптических систем или спутниковой связи, но имеет ограничения в пропускной способности, а также соединительные линии могут быть использованы реле радиолинию, но она имеет ряд существенных недостатков, таких как ненадежности, плохое качество, в зависимости от погодных условий, сложности оборудования. Кабельные сети значительно ниже стоимости в оптике или спутниковой связи, но они ограниченная пропускная способность каналов, поэтому они редко используются в качестве магистральных линий. Таким образом, связь между крупными локальными сетями, которые должны организовать безопасный,

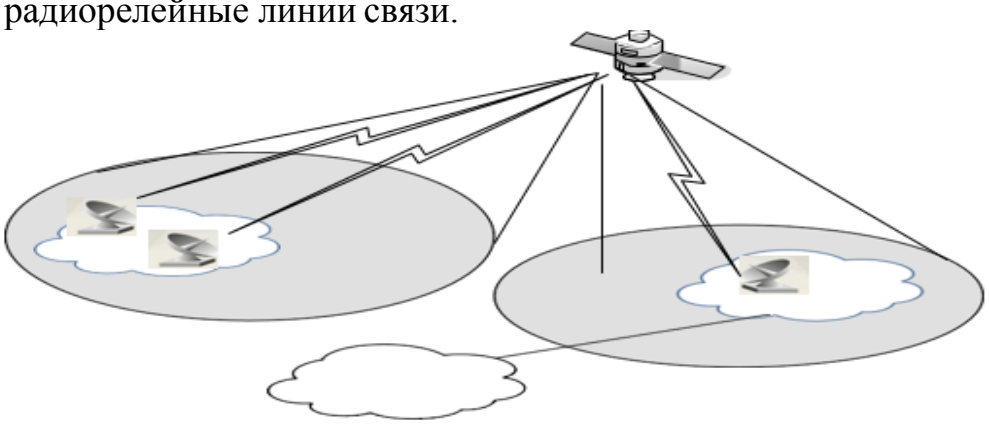
высокоскоростной спутниковый канал должен быть использован, оптические или микроволновые ссылки [13].

2.1 Виды интегрированных сетей связи

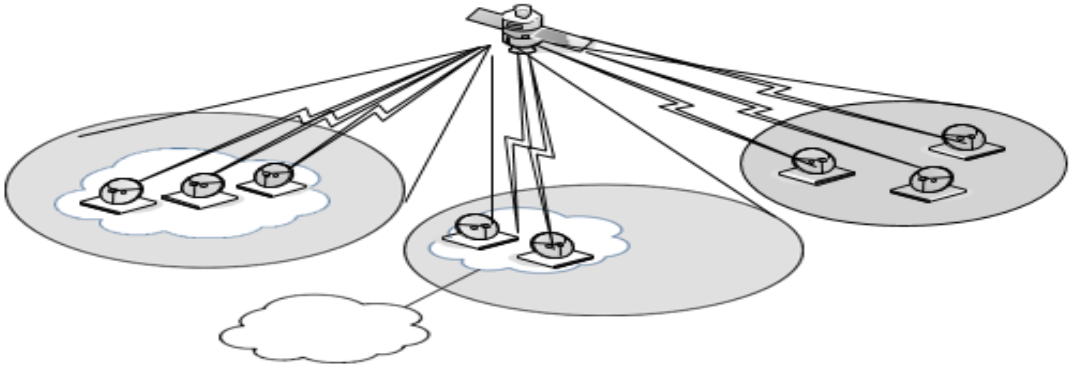
В качестве спутниковых сетей связи можно применять сети, построенные на основе геостационарных спутников-ретрансляторов (GEO), а также низко – и среднеорбитальных космических аппаратов (LEO, MEO) [7]. При использовании геостационарных спутников-ретрансляторов возможны два варианта построения ССС:

– с использованием наземного сегмента с мощными шлюзами ССС (смотрите рисунок 1а) для реализации линий связи с большой пропускной способностью, в этом случае к ССС подключаются оптические линии связи;

– с использованием в наземном сегменте сети оборудования пользователей VSAT для реализации линий связи средней и малой пропускной способности (смотрите рисунок 1б) – в данном случае к ССС подлечены радиорелейные линии связи.



а) использование ГССС для связи между земными региональными станциями



б) использование ГССС для связи между VSAT-терминалами

Рисунок 1 – Построение ССС на базе геостационарных спутников-Ретрансляторов

Другим вариантом к двум предыдущим вариантам является ССС на базе низкоорбитальных ССС, по структурному построению очень похожая на два предыдущих варианта (см. рисунок 2). Преимуществом этого варианта, с точки зрения реализации качества предоставления интегральных услуг связи, является обеспечение низкой задержки распространения сигналов[14].

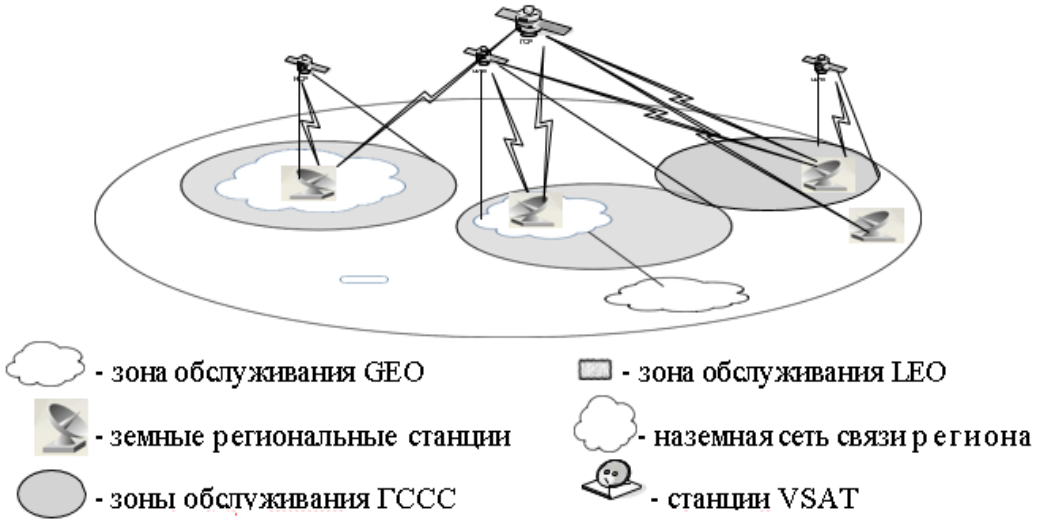


Рисунок 2 - Использование комбинированной сети связи на базе НССС и ГССС для внутри- и межрегиональной связи

Для реализации интерактивного обмена (видеоконференцсвязь, мультимедиа, системы оперативного управления), который возможен только при обеспечении низких задержек распространения сигналов, надо применять негеостационарные системы связи.

Для организации технологической интегрированной сети связи Астана-Акшукыр-Устюрт используется спутниковая линия (Астана – KazSat-2 – Акшукыр) и радиорелейная линия Акшукыр – месторождение.

2.2 Требования для современных сетей связи

Основными требованиями к современным сетям связи – качество и скорость. Также следует учитывать:

– Необходимые условия к услугам связи разных пользователей быстро растут, более того, возникают новые условия, которые при проектировании систем связи либо не учитывались, либо были в разряде второстепенных (в частности, во много раз повысились требования к доступности услуг связи);

– перечень предоставляемых услуг связи непрерывно расширяется, а отдельные действующие системы или сети связи не в состоянии предоставить данные услуги;

– рост количества и мобильность абонентов, их информационная активность, которая, в общем, существенно ухудшает показатели эффективности действующих систем и снижает качество услуг связи; в мире

имеется тенденция к росту объемов передаваемого трафика по сравнению с ростом валового продукта, причем эта зависимость нелинейная;

– каждая из систем передачи данных и используемая в них технология передачи информации имеет только определенную область эффективного (в смысле выбранного критерия) применения, поэтому разработка какой-то одной универсальной системы связи, которая бы предоставляла весь спектр услуг связи, в настоящее время невозможно как по техническим, так и по экономическим причинам:

– загрузка отдельных каналов связи, участков и узлов сетей в течение суток – явно неравномерная;

– распределение пользователей по зоне охвата топологии систем и сетей связи – значительно неравномерное;

– в настоящее время в большей части территории нашей планеты не могут быть предоставлены даже так называемые базовые услуги связи;

–метод проектирования систем связи, как правило, базирована на использовании некоторых усредненных вероятностных значений показателей качества, а не на их максимальных значениях;

– определенные виды систем связи в принципе не могут обеспечить предоставление определенного вида услуг связи, в то время как пользователь - владелец одного типа терминала хочет иметь максимально возможный спектр предоставляемых услуг;

– повышаются требования к оперативности информационного обмена, в то время как имеющиеся емкости (пропускные способности) каналов связи или производительность телекоммуникационных систем ограничены и/или не могут быть увеличены (по техническим или экономическим причинам) в течение нескольких лет;

– владельцы систем связи (операторы любого уровня) стремятся повысить эффективность использования ресурсов своих сетей при обеспечении заданного качества предоставляемых услуг связи[15].

Одним из решений в сложившейся ситуации является интеграция (объединение на различных уровнях) систем связи.

2.3 Теоретическое обоснование объединения наземных и спутниковых систем связи

В будущем наземные сети связи сборки национальной информационной структуры США - NIS один из основных проблем является проблема "последней милей". В частности, эта программа позволяет увеличить скорости доступа конечного пользователя к информационным ресурсам на три порядка (примерно 100 Мбит / с). Эта скорость доступа может обеспечить различные транспортные средства: коаксиальный кабель, волоконно-оптические и спутниковые соединения. Тем не менее, эти скорости не нужно. Сегодня и в ближайшем будущем, основным видом трафика в сетях связи является устранение избыточности, эффективного кодирования, и другие. Мы уже

используем цифровые методы передачи голоса, которые не могут сделать хуже качества голоса, каналы связи используются 4,8 до 16 кбит/с. В настоящее время, телефонные сети направлены на использование каналов связи 64 кбит/с, что значительно выше, чем требуемая скорость передачи речи. Таким образом, даже в настоящее время для выступления не надо, чтобы увеличить скорость передачи информации в области «последней мили».

Как правило, в целях обеспечения обмена информацией между двумя компьютерами (ПК - PC) в настоящее время в большинстве случаев скорость 128 кбит (хотя передача графической информации не требует пропускной способности сети Gigabit). Экономической основой современных коммуникационных сетей является использование мультиплексирования механизма (иногда этот процесс называется агрегацией трафика). Мультиплексирование фактором в современных системах связи в области A2 - 24000. Таким образом, если конечный пользователь работает несколько Мбит/с, то производительность сети на три порядка величины выше, т.е. 150 Гбит/с Коммерческая сеть с емкостью не (стандарт. оптические системы OC-48 поддерживает скорость 2,4 Гбит / с). В отличие от сети наземных коммуникаций, является крупные сети спутниковой связи финансовый механизм, используя множественный доступ. Это большое преимущество спутниковых сетей связи в плане инвестиций в строительство N11, так как эта технология позволяет природа, чтобы дать без существенных затрат или ограничений по запросу конечного пользователя, как правило, в течение короткого времени, почти всю полосу пропускания канала связи.

В наземных сетях связи, наряду с использованием помехоустойчивого кодирования, одним из используемых методов повышения достоверности передачи информации является использование каналов с обратной связью ARQ (Automatic Repeat Request). В этом случае приемный узел отсылает передающему узлу подтверждающие сообщения, в которых указывается степень правильности приема принятой информации.

Если есть ошибки в принятом сообщении, отображается в сообщении во время передачи по каналу связи, передатчик, передающий конец запроса на повторную передачу ошибочных пакетов. Это очень эффективный механизм для наземных сетей связи. Но ее использование в САС вещание сообщения может уменьшить спутниковых каналов пропускной способности коммуникационных связи с тем, что искажается повторной передачи полученных от АР, передаваемой с помощью спутниковой усилителя в режиме широковещательной передачи, который передается на все наземные станции, даже если все другие станции провел сразу после первой передачи пакета. Таким образом, пропускная способность параметров реле спутниковой связи, определенных АР худшем, с точки зрения помехоустойчивости в приеме, тем самым ограничивая возможность получать остальные точки доступа. Конечно, если каким-то образом искажается реализации повторной передачи только для этой станции, для которой она предназначена, то это

приведет к повышению производительности для сети спутниковой связи. Одним из решений является.

Использование для этого наземных линий, если линии могут быть организованы. В этом случае, передача поврежденных пакетов осуществляется на суше линии между центральной станцией и АР, который занял неправильный пакет, когда первой передачи. Таким образом, объединение SSS и наземные сети связи увеличивает емкость ССС. Кроме того, такое расположение обмен информацией и значение АР уменьшен путем уменьшения производительности, обеспечивая пространство ссылку. Результаты оценочного определение показали, что производительность ССС снижается с ростом числа ЗС, в то время как в интегрированной сети такая зависимость отсутствует.

Конечно, для производительности интегрированной сети связи требуется наземный канал связи между точкой доступа, т.е. Это требует увеличения общей пропускной способности каналов связи (в действительности это оплата для достижения более высокой производительности сети). Количественные оценки для интеграции с сетями CVS наземные коммуникации для повышения производительности является ССС самостоятельная задача, что зависит от конкретных условий эксплуатации обоих реальной сети.

Следует отметить, что площадь эффективного использования интегрированной сети может быть увеличена посредством, например, повторно переадресации пакетов к точке доступа не требуется от СА, а к земной станции АР. В этом случае, при прочих равных условиях, это уменьшает вероятность ошибочной передачи наземных каналов связи, а также снижение погрузчики агентств. В частности, алгоритм, реализованный в протоколе RMTP (надежный многоадресной транспортный протокол). Еще один способ повышения производительности является использование интегрированной сети каналов связи методы кодирования, например, с использованием кодов БЧХ.

Увеличения пропускной способности и эффективности ССС явилась одной из причин освоения высокочастотного диапазона частот 10/20 ГГц и выше, в котором полоса частот намного превышает суммарную полосу частот, используемую на более длинных волнах. Потенциальные возможности систем в этом диапазоне частот оцениваются в 10 тыс. каналов связи со скоростью передачи информации в каждом канале не менее 2 Мбит/с.

Как видно из рисунка 3, ослабление радиоизлучения в атмосфере имеет общую тенденцию возрастать с ростом частоты и зависеть от погодных условий.

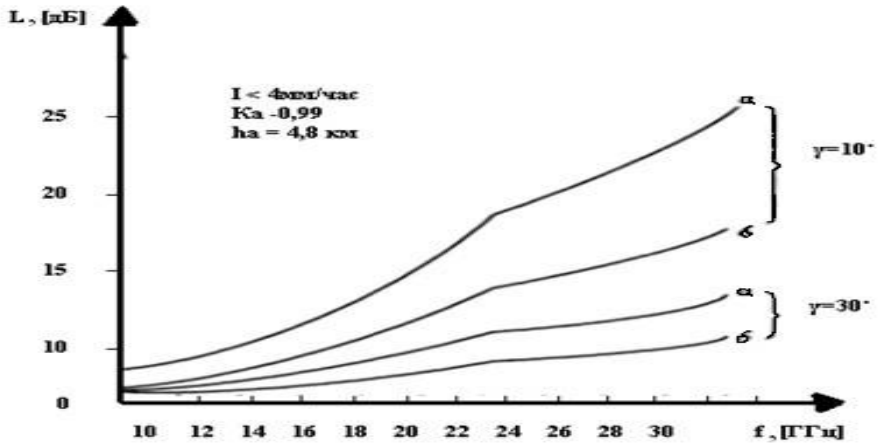


Рисунок 3 – Затухание радиоволн в атмосфере Земли с учетом дождя в диапазоне 10-30 ГГц (а – прием на одну антенну, б – разнесённый прием)

Для надежной связи Kd групп в некоторых случаях необходимо, чтобы иметь энергию ввод, по меньшей мере на 10 дБ, а (4-6) дБ, ориентированной дизайнеров времени. Более того, даже МКА маржа диапазон 20 дБ не всегда обеспечивают надежную связь. Самым простым решением этой проблемы, особенно в районах с экстремальными погодными условиями, обеспечивает значительные прибыли в радио «вниз», но это зачастую невозможно. Один из наиболее популярных способов, для повышения надежности соединения -это когда сигнал исчезает от погодных условий на трассе распространения или многолучевого распространения сигнала помех (когда приемник находится тот же самый сигнал прибывает в течение нескольких геометрически различных путей) представляет собой метод разнесенного приема, хорошо известной в системах связи для более длинных волнах. Идея этого метода состоит в том, что в схеме канала связи вносит некоторую избыточность:

– пространственная, когда сигнал приема проходит по одному из нескольких (или всех сразу) географически распределенных антенн, и для уменьшения влияния многолучевого достаточно, чтобы распространить их на расстоянии не менее 10-20 (λ) (здесь, λ - длина волны) и уменьшить эффект снижения мощности из-за поглощения в дождь - на расстоянии нескольких километров. На практике, как правило, от 2 до 6 приемных станций;

– частотный, когда один и тот же сигнал передается и принимается на разных частотах. Выигрыш достигается только в том случае, если интервал между несущими частотами больше ширины полосы когерентности сигнала;

– поляризационная, когда сигналы передаются с разной поляризацией, а прием ведется с использованием двух различных приемников для горизонтально и вертикально поляризованных копий сигнала;

– использование комбинации приведенных методов избыточности и др.

Наиболее просто реализуется пространственный метод разнесенного приема с реализацией схемы авто выбора, отдельные варианты которого показаны на рисунке 4.

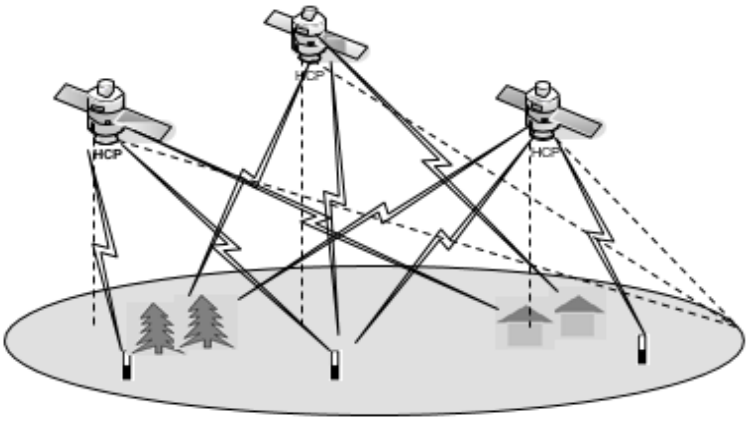


Рисунок 4 – Пример пространственного разнесенного приема

Пространственное разнообразие маршрутов и сетей для эффективного личных мобильной спутниковой связи, с тем чтобы уменьшить вероятность затенения объектов околоземного ретранслятора.

Для обеспечения связи мобильных пользователей в системе связи, спроектированным таким образом, что их информация сотрудничество должно охватывать все возможные зоны (или область в месте), которые могут быть объектами. В идеале, система связи должна обеспечить глобальный охват поверхности Земли. И в то время как предоставление системы воздушных или космических объектов, должны охватывать околоземное пространство антенна или. Конечно, создает такие большие системы и отнимает много времени и дорогостоящая задача. Кроме того, в этом случае, и существуют барьеры, связанные с вопросами межгосударственного сотрудничества. В некоторых случаях, например, в предоставлении роуминга мобильной сети связи между национальными операторами являются соглашения между оператором и организованные каналы связи между национальными сетями. Однако и в этом случае сотовые системы связи в настоящее время не могут охватить всю земную территорию. Более того, в реальных системах имеется существенная неравномерность загрузки каналов связи между различными сотами, а также часто возникает их перегрузка. Это приводит, в частности, к разрыву даже уже установленных соединений, к примеру, при переходе одного абонента из одной соты с низкой загрузкой каналов связи в другую область, в которой все доступные каналы связи уже заняты.

В других же случаях, к примеру, при обеспечении функционирования космических аппаратов (КА), а также для передачи разнородной информации с КА в центры сбора и обработки информации, применяются системы связи, в состав которых входят совокупность (сеть) наземных пунктов (узлов) приема-

передачи информации (НППИ). Именно так строились первые сети для организации информационного обмена между Центром управления полетами и КА. Расположение наземных пунктов выбиралось таким образом, чтобы обеспечить максимально большую мобильность доставки информации с КА. Однако, наряду с интеллектуализацией КА, требования к увеличению оперативности доставки информации с КА постоянно растут, возникает нужда обеспечения информационного взаимодействия центров управления с КА в реальном масштабе времени [17].

Одним из решений задачи обслуживания подвижных пользователей с заданным качеством является объединение наземных и спутниковых систем или сетей связи. В связи с количественным увеличением частотного и временного ресурсов (расширение зоны или времени радиовидимости объектов), в таких системах эти ресурсы более эффективно используются за счет появляющейся возможности применения динамического управления информационными потоками. В частности, при сильной загруженности сотовой системы связи это возможно перенаправить информационные потоки между сотами через спутниковую сеть, обойдя эти загруженные участки сети. При построении сети связи, например, с космическими аппаратами, применение спутников-ретрансляторов обеспечивает практически глобальную зону охвата околоземного космического пространства.

В свою очередь, при перегрузке спутниковых каналов связи для организации информационного обмена также можно применять совокупность НППИ, зоны радиовидимости которых пересекают космические аппараты.

2.4 Выбор интегрированной технологической сети связи

Технологические радиосети обмена данными создаются для решения комплекса функциональных задач, связанных с организацией мониторинга состояния (сбора данных о техническом и/или оперативном состоянии), оперативно-диспетчерского управления и информационного обеспечения в условиях, когда использование других технологий связи невозможно или нецелесообразно. Большая часть радио предназначено для первичной или резервной работы критически важных приложений, отказ которого приводит к серьезным авариям и катастрофам.

Рост значения таких сетей в последние годы в связи с интенсификацией хозяйственной деятельности и строительства топлива и электроэнергии, и горнодобывающей отрасли в Казахстане.

Создание и поддержание наземной инфраструктуры проводных телекоммуникаций в этих областях становится нерентабельным из-за серьезных технических проблем и высоких финансовых затрат. В связи с этим, наиболее надежные и рентабельные радиосвязи были и до сих пор. Технология применения обмена данными радио определяется следующими основными эксплуатационных и технических характеристик и преимуществ:

– надежность среды передачи;

– обширность оперативной зоны с возможностью ее расширения за счет ретрансляции сигнала (некоторые реально построенные и разрабатывающейся радиосети имеют сплошную оперативную зону более миллиона кв. км);

– возможность применения детерминированных (неизменных) протоколов обмена данными, поддерживающих работу в близком к реальному масштабу времени;

– относительно небольшое время доступа к каналу передачи данных, обеспечивающее незначительные и приемлемые для большинства использующих радиосеть автоматизированных систем управления задержки в доставке данных;

– высокая безопасность данных, циркулирующих в технологической радиосети (применяемые технологии обеспечивают защиту от подавления, перехвата или несанкционированного доступа к работе в составе технологической радиосети);

– низкая стоимость эксплуатации;

– независимость от «чужой» инфраструктуры связи и возможность развивать ее, исходя из реальных требований (радиосеть принадлежит собственно пользователю, параметры ее работы и оперативная зона могут изменяться им самостоятельно);

– простота перемещения и оперативность развертывания в новом районе;

– возможность эксплуатации в жестких климатических условиях.

Практически все радиосети имеют архитектуру «звезда», поддерживают работу по схеме «точка - много точка» и используют различные протоколы обмена данными, в основном работающие по принципу опроса. Как правило, в составе технологической радиосети имеется центральная (базовая) станция (БС), обеспечивающая обмен с группой удаленных станций, установленных в контролируемых пунктах (КП). Связь между БС и КП может быть организована напрямую или с использованием ретрансляции.

Строительство и эксплуатация технологических радиосетей обмена данными регулируются законодательством Казахстана, в соответствии с которым для функционирования таких радиосетей выделены соответствующие радиочастотные ресурсы в диапазоне ультракоротких волн (УКВ). Технологическая радиосеть проектируется на длительный срок, составляющий не менее 12 лет, в течение которых она функционирует с первоначально заданными параметрами. По истечении заданного срока эксплуатации производится модернизация радиосети с переходом на более современное оборудование.

Интегрированная система связи будет осуществляться с помощью космического аппарата KazSat-2. Земные станции, как и филиалы компании MaxPetroleum находятся в городе Астана – центральная земная станция, Акшукыр – земные станции. С села Акшукыр до месторождения Западный Устирт будет осуществлять радиорелейная связь на базе оборудования

Микран. Радиорелейная линия связи будет располагаться в области прикаспийской низменности. Протяженность трассы радио-релейной линии связи составляет 20 км.

2.5 Вывод

Целью данной работы было рассмотрение возможности организации интегрированной сети связи на территории Казахстана. Произведено теоретическое исследование интегрированной сети в соответствии от различных параметров каналов. Астана и Акшукыр связаны с помощью спутниковой связи, а Акшукыр –Устюрт– радиорелейной линией.

Проработаны разделы, касающиеся современного состояния интегрированных систем связи. Рассмотрены различные виды транспортных сетей связи, использующихся в интегрированных сетях связи, виды интегрированных сетей связи, изучены требования, предъявляемые к современным сетям связи. Произведен выбор схемы построения интегрированной сети для технологических нужд добывающей компании.

2.6 Определение пропускной способности канала участка вверх ЗС - ИЗС KazSat 2

2.6.1Пропускная способность канала

В направлении абонента возможны образования потоков со скоростью до нескольких десятков мегабит в секунду, а скорость передачи потока от абонента не достигает нескольких мегабит в секунду. Энергетические характеристики станции и спутника связи зачастую устанавливают ограничение именно на скорость передачи от абонента в сторону ЦС.

Общая пропускная способность распределяется между интерактивных станций, и практически никто из пользователей, подключенных к VSAT терминала не может достичь максимальной скорости канала обратного (что достижимо только при обратный канал назначается на один диск, и разрешается подпрыгивание). При низкой нагрузке, когда сетевые маленькие активные пользователи, каждый из них в режиме произвольного доступа может иметь полную пропускную способность, но, как количество пользователей по частоте наступления таких событий, и продолжительность этих «полной скорость» сессий будет сокращено. Типичный для пользователей с высокими требованиями в системе обеспечивает возможность обеспечить гарантированную скорость обратного канала, но в этом случае, и ежемесячная плата будет выше. С точки зрения, чтобы максимизировать пропускную способность сети выгодно иметь большое количество обратных каналов с максимальной пропускной способностью, которая обеспечивает мощность радио диск «вверх» (в ЦС).

Пропускная способность канала характеризует максимально возможную скорость передачи данных по каналу связи. Скорость передачи измеряется в

битах в секунду - бит/с, а также производных единицах: Кбит/с, Мбит/с, Гбит/с [19].

Связь между полосой пропускания канала и максимально возможной скоростью передачи данных установил Клод Шеннон:

$$C=2\Delta f \log_2(1 + P_C/ P_Ш),$$

где C - максимально возможная скорость передачи данных в бит/с; $2\Delta f$ ширина полосы пропускания линии в Гц;

$P_C/P_Ш$- отношение сигнал/шум $P_C/P_Ш$ в дБ (Таблица 3.2).

Тогда:

$$2\Delta f = \frac{c}{\log_2\left(1 + \frac{Pc}{Pш}\right)}$$

$$2\Delta f = 54 \text{ МГц}.$$

Следовательно, полоса частот пропускания спутникового канала соответствует эффективной полосе частот спутника KasSat 2 в таблице 3.1

3 Расчетная часть

В данном проекте рассматривается проектирование корпоративной сети по спутниковым каналам связи по технологии VSAT для компании «Казахмыс». VSAT (Very Small Aperture Terminal) - это небольшая наземная станция спутниковой связи на базе спутниковой антенны диаметром от 0.55 до 3.8 метров. Спутниковая связь, разработанная с использованием технологии VSAT, включает в себя 3 основных составляющих:

- центральная земная станция (ЦЗС);
- спутник связи (спутник-ретранслятор);
- абонентский VSAT-терминал.

Центральная земная станция находится в г. Алматы, служит в качестве координационного центра и дает контроль над всей сети, перераспределение ресурсов, услуг и устранение неисправностей и сетевых интерфейсов с стационарные. Спутник принимает сигнал от земной станции, усиливает его и передает обратно на Землю. В сети спутникового ретранслятора с помощью VSAT спутника KazSat-2 (технические характеристики в таблице 3.1) [18].

В данном разделе оглашены энергетические определение линий «вверх» и «вниз» для спутниковой системы связи:

- пропускная способность канала;
- суммарная шумовая температура приемного тракта;
- коэффициент усиления земной станции;

- мощность передатчика ЗС и КС;
- ослабление уровня сигнала.

В расчетах нельзя забывать, что дополнительное ослабление энергии радиоволн на участках: поглощение в осадках - 0,8 дБ, поляризационные потери - 0,9 дБ, потери за счет рефракции - 0,2 дБ.

Коэффициент запаса для линии «вверх» а=6 дБ. Дополнительное ослабление энергии радиоволн $L_{доп}$ = 2дБ. Исходные данные для расчета приведены в таблицах 3.1-3.4.

Таблица 3.1 - Параметры КА KazSat-2

Параметр		Значение
Координаты		86,5° в.д.
Диапазон f, ГГц	Прием	10,981-11,668
	Передача	14,031-14,468
Коэффициент усиления антенны G, дБ	Прием	35
	Передача	30
Коэффициент шума приемника КШ		6
Шумовая температура антенны ТА, К		58
КПД АФТ		0,9
Спектральная плотность мощности, дБ		-51
Шумовая температура СЛК, К		100

Таблица 3.2 - Параметры ЦЗС (Алматы)

Параметр	Значение
Диаметр антенны DA, м	1,8
Отношение сигнал/шум $P_c/P_ш$, дБ	16
КПД АФТ	0,90
Спектральная плотность мощности, дБ	-34

Таблица 3.3 - Параметры ЗС

Параметр	Значение
Диаметр антенны DA, м	1,2
Коэффициент шума приемника КШ	6
Шумовая температура антенны, К	25
КПД АФТ	0,90

Таблица 3.4 - Координаты городов

Город	с.ш.	в.д.
Астана (ЦС)	51° 18'	71° 42'
Акшукур (ЗС1)	43° 64'	51° 03'

3.1 Определение параметров участка вверх Астана - KazSat 2

3.1.2 Пропускная способность канала

В направлении линии абонента могут формироваться потоки со скоростью до нескольких десятков мегабит в секунду, а скорость передачи потока от абонента не достигает нескольких мегабит в секунду. Энергетические характеристики станции и спутника связи зачастую устанавливают лимит именно на скорость передачи от абонента в сторону ЦС.

Общая пропускная способность распределяется между интерактивных станций, и практически никто из пользователей, подключенных к VSAT терминала не может достичь максимальной скорости канала обратного (что достижимо только при обратном канале назначается на один диск, и разрешается подпрыгивание). При низкой нагрузке, когда сетевые маленькие активные пользователи, каждый из них в режиме произвольного доступа может иметь полную пропускную способность, но, как количество пользователей по частоте наступления таких событий, и продолжительность этих «полной скоростью" сессий будет сокращено. Типичный для пользователей с высокими требованиями в системе обеспечивает возможность обеспечить гарантированную скорость обратного канала, но в этом случае, и ежемесячная плата будет выше. С точки зрения, чтобы максимизировать пропускную способность сети выгодно иметь большое количество обратных каналов с максимальной пропускной способностью, которая обеспечивает мощность радио диск "вверх" (в ЦС).

Пропускная способность канала определяет максимально возможную скорость передачи данных по каналу связи. Скорость передачи измеряется в битах в секунду - бит/с, а также производных единицах: Кбит/с, Мбит/с, Гбит/с [19].

Связь между полосой пропускания канала и максимально возможной скоростью передачи данных установил Клод Шеннон:

$$C = 2\Delta f \log2(1 + P_C/ P_Ш),$$

где C - максимально возможная скорость передачи данных в бит/с; $2\Delta f$ - ширина полосы пропускания линии в Гц;

$P_C/P_Ш$- отношение сигнал/шум $P_C/P_Ш$ в дБ (Таблица 3.2).

Тогда:

$$2\Delta f = \frac{C}{\log_2\left(1+\frac{P_C}{P_Ш}\right)},$$

$$2\Delta f = 54 \text{ МГц}.$$

Следовательно, полоса пропускания спутникового канала соответствует эффективной полосе частот спутника KazSat 2 в таблице 3.2

3.1.2 Наклонная дальность между ЗС и КС

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

где $\cos\psi = \cos\xi \cdot \cos\beta$; ξ - широта ЗС;

β - разность по долготе между ЗС и КС. Исходные данные приведены в таблицах 3.1-3.4.

Для ЗП1 (Астана):

$$d = \sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos(51{,}18) \cdot \cos(15{,}05)} = 38640 \text{ км},$$

Для ЗС2 (Акшукур):

$$d = \sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos(44) \cdot \cos(37)} = 38750 \text{ км}$$

Проведенные расчеты внесем в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 - Результаты вычислений

Город	cos(ψ), град	d, км
Астана (ЗС1)	0,605	38640
Акшукур (ЗС2)	0,916	38750

3.1.1Суммарная шумовая температура

Шумовые факторы играют важную роль при проектировании спутниковых радиолиний. В расчётах спутниковых радиолиний необходимо определить полную мощность шумов, создаваемых на входе приемного устройства земной станции различными источниками.

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

$$T_{\Sigma} = T_A + T_0 \cdot \left(\frac{1-\eta}{\eta}\right) + \frac{T_{пр}}{\eta}\ , \qquad (3.3)$$

T_A - шумовая температура антенны КС; η - КПД АФТ КС.

ТПР=T_0·(КШ-1) - собственная шумовая температура приемника,

здесь T_0=290К,

$К_Ш$ - коэффициент шума приёмника КС, задан в характеристике оборудования [19].

Исходные данные приведены в таблицах 3.1-3.4.

$$T_{ПР} = 290 \cdot (6-1) = 1450 \text{ К}, \quad (3.4)$$

Таким образом, полная эквивалентная шумовая температура приемной системы равна:

$$T_{\Sigma} = 58 + 290 \cdot \left(\frac{1-0.9}{0.9}\right) + \frac{1450}{0.9} = 1701 \text{ К}.$$

3.1.3 Коэффициент усиления земной станции

$$G_{зс} = \frac{10 \cdot g \cdot {D_A}^2}{\lambda^2} \quad , \quad (3.5)$$

где DA - диаметр антенны ЗС, м;
λ - длина волны для участка «вверх», м;
g=0,6... 0,8 - коэффициент использования поверхности антенны.
Исходные данные приведены в таблицах 3.1-3.4
Коэффициент усиления для ЦЗС (Астана):

$$G_{зс\uparrow} = \frac{10 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}8^2}{0{,}214^2} = 5{,}66 \cdot 10^8 \quad ,$$

$$G_{зс\uparrow} = 10 \cdot \lg(5{,}66 \cdot 10^8) = 47{,}5 \text{ дБ}.$$

Коэффициент усиления земной станции для абонентских ЗС:

$$G_{зс\uparrow} = \frac{10 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}2^2}{0{,}021^2} = 15802 \ ,$$

$$G_{зс\uparrow} = 10 \cdot \lg(15802) = 42 \text{ дБ}.$$

3.1.4 Мощность передатчика земной станции:

$$P_{зс} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2 \cdot L_{доп} \cdot k \cdot T_{\Sigma} \cdot f_{ш}}{\lambda^2 \cdot G_{зс} \cdot G_{кс} \cdot \eta_{зс} \cdot \eta_{кс}} \cdot a \cdot \left(\frac{P_c}{P_ш}\right) \ , \quad (3.6)$$

$$P_{зс} = \frac{16 \cdot 3.14 \cdot 38640^2 \cdot 1{,}58 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 1701 \cdot 54 \cdot 10^6}{0{,}0214^2 \cdot 15802 \cdot G_{кс} \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}9} \cdot 3{,}98 \cdot 39{,}81$$

$$P_{зс} = 25{,}4 \text{ дБ}$$

где d в м,
Lдоп = 2 дБ (1,58);

$k=1{,}38\cdot10^{-23}$ - постоянная Больцмана; $\Delta f_{Ш}$ – эффективная полоса частот ЗС; а=6 дБ (3,98).

Отношение сигнал/шум для спутниковых линий связи выбирается из диапазона от 12 до 16 дБ. Потому что проектируемая линия предназначена для передачи данных, использую максимальное значение 16 дБ (39,81 раз).

Коэффициент усиления антенны приемника (КС) равен 35 дБ (3162 раз).

По стандарту сетей VSAT $P_{перкс} = 8 \div 500$ Вт, следовательно, полученные значения мощности передатчика земной станции соответствуют техническим параметрам оборудования станций VSAT [21]

3.1.5 Ослабление сигнала на участке ЗС—КС

Основная причина затухания радиосигнала, это затухание в свободном пространстве, вызванное сферической расходимостью фронта волны.

Затухание энергии сигнала в свободном пространстве рассчитывается по формуле:

$$L_0 = \frac{16\cdot\pi^2\cdot d^2}{\lambda^2}, \tag{3.7}$$

Для ЗС1 (Астана):

$$L_0 = \frac{16\cdot3{,}14^2\cdot38640^2}{0{,}0214^2} = 5{,}149\cdot10^{20} \text{ (207 дБ)}$$

Для ЗС2 (Акшукыр):

$$L_0 = \frac{16\cdot3{,}14^2\cdot38750^2}{0{,}027^2} = 3{,}469\cdot10^{20} \text{ (205 дБ).}$$

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.

Стандарты основных показателей качества для спутника (например, отношение сигнал-шум) имеющее постоянный характер. Это приводит к повреждающим факторам оценить статистически, т.е. когда некоторые входы количественное значение эффект другого фактора, а также вероятность возникновения. Это необходимо принимать во внимание природу и

количества передаваемых сигналов, а также от характера его трансформации в спутниковый транспондер.

Больший процент потери сигнала в тропосфере является случайным, потому что это зависит не только от расстояния угла возвышения и средней, но и на поглощения сигнала в осадках. Более высокая частота связи, тем больше потери в интенсивности осадков.

В тропосфере, основные потери, вызванные кислорода, O2, H2O пара и осадков в виде тумана, дождя и снега.

Ослабление из-за гидрометеоров интенсивности дождя, размер зоны и распределение интенсивности осадков зоне. Поглощение в тумане, как правило, гораздо меньше, чем дождь, и приближенного определения могут быть проигнорированы [22].

3.1.6 Суммарная мощность шумов на входе приемника

$$P_ш = k \cdot T_\Sigma \cdot f_ш \qquad (3.8)$$

Рассчитаем для ЦЗС (Астана) и ЗС1 (Акшукыр)

$$P_{ш\uparrow} = 1{,}23 \cdot 10^{-23} \cdot 1701 \cdot 54 \cdot 10^{6} = 11{,}3 \cdot 10^{-14} \text{ Вт},$$

$$P_{ш\uparrow} = -122 \text{ дБ}.$$

3.1.7 Уровень сигнала на входе РПУ

$$P_{кс} = P_{зс} + \eta_{зс} + G_{зс} - L_0 + G_{кс} + \eta_{кс}, \qquad (3.9)$$

для ЗС1 (Астана):

$$P_{кс} = 25{,}4 - 0{,}485 + 42 - 207 + 35 - 0{,}485 = -115{,}57 \text{ дБ},$$

для ЗС2 (Акшукур):

$$P_{кс} = 15{,}4 - 0{,}485 + 47 - 205 + 35 - 0{,}485 = -118{,}57 \text{ дБ}$$

Отношение сигнал/шум соответствует заданному для ЦЗС (Астана):

$$\frac{P_c}{P_ш} = -115{,}57 + 122 = 6{,}43 \text{ дБ}$$

для ЗС2 (Акшукур):

$$\frac{P_c}{P_ш} = -118.57 + 122 = 4 \text{ дБ}.$$

3.2 Расчет энергетики участка вниз СЛС ИЗС KazSat 2- ЗС

3.2.1 Суммарная шумовая температура:

$$T_{\Sigma} = T_A + T_0 \cdot \left(\frac{1-\eta}{\eta}\right) + \frac{T_{пр}}{\eta}, \qquad (3.10)$$

где T_A - шумовая температура антенны КС;

$T_{пр}$-полная эквивалентная шумовая температура приемной системы; η - КПД АФТ КС;

$T_{ПР}=T_0 \cdot (К_Ш-1)$ - собственная шумовая температура приемника, здесь T_0=290К;

$К_Ш$ - коэффициент шума приёмника КС, задан в характеристике оборудования.

Исходные данные приведены в таблицах 3.1-3.4.

$$T_{ПР} = 290 \cdot (2-1) = 290К,$$

Таким образом, полная эквивалентная шумовая температура приемной системы равна

$$T_{\Sigma} = 25 + 290 \cdot \left(\frac{1-0,9}{0,9}\right) + \frac{290}{0,9} = 379\ К,$$

3.2.2 Коэффициент усиления земной станции

$$G_{зс} = \frac{10 \cdot g \cdot {D_A}^2}{\lambda^2} \qquad (3.11)$$

где D_A - диаметр антенны ЗС, м;

λ - длина волны для участка «вниз», м;

g=0,6...0,8 - коэффициент использования поверхности антенны.

$$G_{зс} = \frac{10 \cdot 0,8 \cdot 1,2^2}{0,027^2} = 15802.$$

3.2.3 Мощность передатчика спутниковой станции

$$P_{кс} = \frac{L_0 \cdot L_{доп} \cdot k \cdot T_{\Sigma} \cdot f_ш}{\lambda^2 \cdot G_{зс} \cdot G_{кс} \cdot \eta_{зс} \cdot \eta_{кс}} \cdot b \cdot \left(\frac{P_c}{P_ш}\right), \qquad (3.12)$$

где d в м,

$L_{доп}$ =2 дБ (1,58);

$k=1{,}38\cdot10^{-23}$ - постоянная Больцмана; $\Delta f_ш$ - эффективная полоса частот ЗС; b=1,2 дБ (1,32);

Коэффициент усиления антенны передатчика (КС) равен 30 дБ (1000 раз). КПДАФТ для приемной ЗС и КС равен 0,9.

3.2.4 Суммарная мощность шумов на выходе приемника

$$P_Ш=k\cdot T_\Sigma f_Ш \qquad (3.10)$$

Рассчитаем для ЦЗС, ЗС1:

$$P_{Ш\downarrow} = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 379 \cdot 54 \cdot 10^{6} = 1.2 \cdot 10^{-12} \text{ Вт},$$

$$P_{Ш\downarrow} = -119 \text{ дБ}.$$

3.2.5 Уровень сигнала на выходе РПУ

$$P_{зс}=P_{кс}+\eta_{кс}+G_{зс}-L_0+G_{кс}+\eta_{зс}, \quad (3.11)$$

Для ЦЗС:

$$P_{зс} = 25.4 - 0{,}485 + 47.5 - 207 + 35 - 0{,}485 = -100 \text{ дБ},$$

$$P_{зс1\downarrow} = 5.5 - 0.485 + 42 - 205 + 35 - 0{,}485 = -128 \text{ дБ}.$$

Так как чувствительность приемника земной станции 120 дБ, для приема сигнала требуется увеличение его диаметра антенны земной станции до 3.5 м. $G_{зс}$=51.38 дБ, при этом $P_с$=-119 дБ, то есть прием возможен.

Для ЦЗС:

$$\frac{P_с}{P_ш} = P_с - P_ш = -100 - (-119) = 9 \text{ дБ}$$

Для ЗС:

$$\frac{P_с}{P_ш} = P_с - P_ш = -129 - (-125) = 6 \text{ дБ}$$

Для спутниковой линии с ГЕО допустимое отношение сигнал-шум 10-12 дБ. Следовательно, прохождение сигнала по линии без искажения.

3.3 Расчет профиля пролета Акшукыр – месторождение.

1. Выбираем оборудование Mini-Link

Диапазон частот 14,5–15,3ГГц;

$$P_{пд} = 20 \text{ дБ};$$

$$P_{пор}(10^{-3}) = - 83 \text{ дБм}.$$

2. Выбираем диаметр антенны D = 1,2 м и рассчитываем коэффициент усиления по формуле:

$$G = 20 \lg(D) + 20 \lg(f) +17{,}5 \text{дБ},$$

где D - диаметр антенны, м;
f - рабочая частота, ГГц.

$$G = 20 \lg 1{,}2 + 20 \lg 14{,}5 +17{,}5= 1{,}58 + 23{,}22 + 17{,}5 = 42{,}3 \text{ дБ}.$$

Так как G= 42,3 < 45, то диаметр антенны выбран правильно, так как на практике не применяются антенны, у которых коэффициент усиления больше 45 дБ.

3. Определяем ослабление сигнала на пролете.

$$L_0 = 20 \lg (4.189\ 10^4\ R_0\ f), \text{дБ},$$

где R_0 - протяженность интервала РРЛ, км;

$$L_0 = 20 \lg (4.189\ 10^4\ f20 \cdot 14{,}5)=141{,}69 \text{ дБ}.$$

4. Определим погонные потери радиосигнала в атомах кислорода.

$l_о$ =, $L_о \cdot R_0$; в водяных парах $l_н = L_н \cdot R_0$ ($L_о$ и $L_н$ определяются по приложению 2 в зависимости от рабочей частоты) и полные потери в газах атмосферы:

$$L_г = l_н + l_о, \text{ или}$$

$$L_г = (g_о + g_н)\ R_0,\ дБ,$$

$$L_г = (0{,}006 + 0{,}006) \cdot 20 = 0{,}24\ дБ.$$

5. Рассчитываем уровень сигнала на входе приемника при отсутствии замираний:

$$P_{пр} = P_{пд} + G_1 + G_2 - L_0 - L_{ф1} - L_{ф2} - L_г - L_{рф} - L_{доп},$$

где $P_{пд}$ - уровень мощности передатчика, дБм

$$L_{ф1} = L_{ф2} = L_{рф} = 0\ дБ\ ;$$

$$L_{доп} = 2\ дБ\ .$$

$$P_{пр} = 20 + 2 \cdot 42{,}3 - 141{,}69 - 0{,}24 - 1 = -38{,}33\ дБ.$$

6. Определим запас на замирания.

$$M = P_{пр} - P_{пр\ пор}(10^{-3}) = -38{,}3 + 83 = 49{,}67\ дБ.$$

7. Определяем стандартное отклонение диэлектрической проницаемости:

$$\sigma_R = \left(10 \cdot 10^{-8} + \frac{g}{3{,}1}\right) \cdot \left(\frac{1}{y} - 1\right) + \frac{\sigma}{y},$$

$$\sigma_R = \left(10 \cdot 10^{-8} + \frac{-7 \cdot 10^{-8}}{3{,}1}\right) \cdot \left(\frac{1}{0{,}92} - 1\right) + \frac{9 \cdot 10^{-8}}{0{,}9}.$$

8. Рассчитываем среднее значение изменения просвета за счет рефракции, существующее в течение 80% времени, и просвет в отсутствии рефракции:

$$\Delta H(g + \sigma_R) = -\frac{(20 \cdot 10^3)^3}{4} \cdot (7 \cdot 10^{-8} + 10{,}46 \cdot 10^{-8}) \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}9 = -2{,}54\ м$$

$$H(0) = 10{,}58 + 2{,}54 = 13{,}12\ м.$$

$$H(g) = -\frac{(20 \cdot 10^3)^3}{4} \cdot (7 \cdot 10^{-8}) \cdot 0{,}9 \cdot (1 - 0{,}9) = 5{,}14\ м.$$

$$H(g) = 13{,}12 + 5{,}14 = 18{,}26\ м.$$

r =18,75 км.

3.4 Проверка норм на неготовность

Характеристики неготовности для ГЭЦТ (гипотетический эталонный цифровой тракт) установлены в рекомендации 557МСЭ-Р.

ГЦЭТ считается неготовой, если в течение 10 последовательных секунд возникли следующие условия или одно из них:

передача цифрового сигнала прервана;

в каждой секунде BER хуже 10-3.

Неготовность аппаратуры уплотнения исключается. Характеристики неготовности делятся на неготовность оборудования и неготовность, вызванную условиями распространения радиоволн, например, величина неготовности, вызванной дождем, составляет 30-50%.

Характеристики готовности ГЭЦТ протяженностью 2500 км определяются величиной 99,7%, причем эти проценты определяются в течение достаточно большого интервала времени. Этот интервал должен составлять более года, характеристики неготовности определяются, таким образом, величиной 0,3%.

Норма на неготовность

$$\mathrm{UR}_{\text{доп}} = \frac{0{,}3 \cdot \mathrm{R}_0}{2500} > \mathrm{T}_0 + \mathrm{T}_g$$

где R0 – длина пролета, км;

2500 – длина эталонной гипотетической линии.

$$\mathrm{T}_0 \cdot \mathrm{T}_g = 0{,}00003 + 14 \cdot 10^{-14} = 0{,}00143\ \%\ ,$$

$$\mathrm{UR}_{\text{доп}} = \frac{0{,}3 \cdot 25}{2500} = 0{,}003\ \% > 0{,}00143\ \%$$ – условие выполняется.

3.5 Расчет времени ухудшения радиосвязи из-за многолучевого распространения

При моделировании радиолиний протяженностью более чем несколько километров должны учитываться четыре механизма замирания в чистой атмосфере, обусловленные чрезвычайно преломляющими слоями:

расширение луча;

– развязка в антенне;
– поверхностное многолучевое распространение;
– атмосферное многолучевое распространение.

Большинство этих механизмов возникают сами по себе или в комбинации с другими механизмами. Сильные частотно-избирательные

затухания возникают, когда расфокусировка прямого луча сочетается с отражением сигнала от поверхности, что вызывает замирание вследствие многолучевого распространения. Мерцающие замирания, вызванные небольшими турбулентными возмущениями в атмосфере, всегда имеют место при этих механизмах, но на частотах ниже 400 ГГц их влияние на общее распределение замираний не существенно. На больших глубинах замирания процент времени Тинт, в течение которого в узкополосных системах не превышается уровень принимаемого сигнала в средний худший месяц, может быть определен с помощью следующего приближенного асимптотического выражения

$$T_{инт} = K \cdot Q \cdot f^{B} \cdot d^{C} \cdot 10^{-A/10},$$

где – $A=F_t$ – запас на замирание, дБ;
d – длина пролета, км;
f – частота, ГГц;
K – коэффициент, учитывающий влияние климата и рельефа местности;
Q – коэффициент, учитывающий другие параметры трассы;
B=0,89; C=3,6 – коэффициенты, учитывающие региональные эффекты.

Коэффициент, учитывающий влияние климата и рельефа местности

$$K = P_L^{1,5} \cdot 10^{(-6,5-C_{LAT}-C_{LON})},$$

где PL = 5% = 0,05 – процент времени с вертикальным градиентом рефракции;

CLAT = CLON = 0 для Казахстана.

$$K = 0,05^{1,5} \cdot 10^{-6,5} = 3 \cdot 10^{-9}$$

Коэффициент, учитывающий другие параметры трассы

$$Q = (1 + |E_P|)^{-1,4},$$

где $|E_P| = \frac{h_1 - h_2}{d}$ – наклон радиотрассы, мрад (здесь h_1, h_2 в м; d в км).

$$|E_P| = \frac{52-12}{25} = 1,6 \quad мрад$$

$$Q = (1+1,6)^{-1,4} = 0,262,$$

$$T_{инт} = 3 \cdot 10^{-9} \cdot 0{,}262 \cdot 22^{0{,}89} \cdot 25^{3{,}6} \cdot 10^{-52{,}43/10} = 1{,}76 \cdot 10^{-9}\,\%.$$

Норма на допустимое время ухудшения связи для высшего качества связи

$$\mathrm{SES} = \frac{0{,}054 \cdot \mathrm{R}_0}{2500} > \mathrm{T}_{инт}. \quad (1.25)$$

$$SES = \frac{0{,}054 \cdot 25}{2500} = 5{,}4 \cdot 10^{-4}\,\%.$$

$$5{,}4 \cdot 10^{-4} > 1{,}29 \cdot 10^{-10},$$

условие выполняется

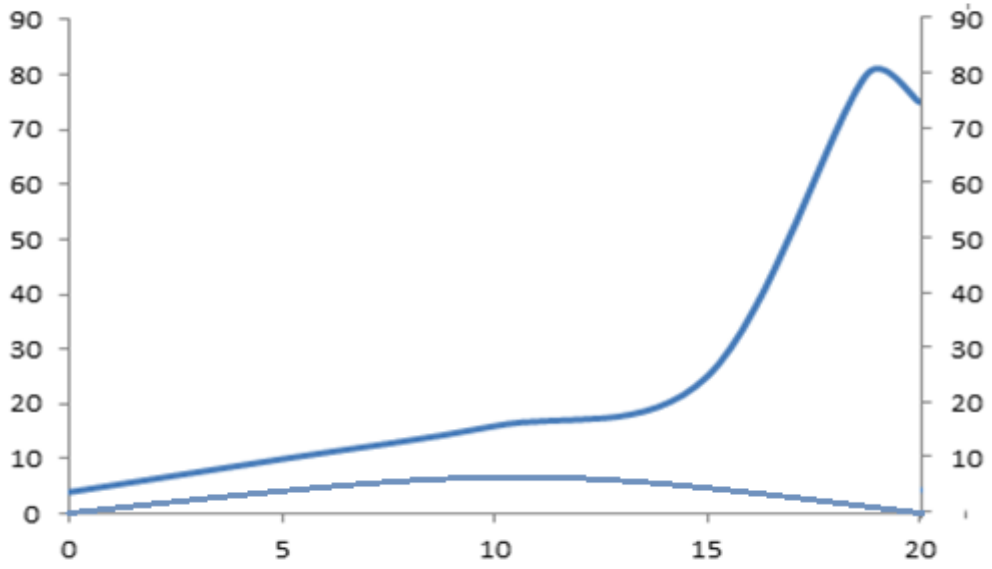


Рисунок 2. Профиль пролета Земли месторождения Акшукыр-месторождение.

Таблица 1 – Отметки земли

Отметка Земли, м	4	10	16	25	20
Расстояние	0	5	10	15	20

3.6 Вывод

Данная расчетная часть дипломного проекта была посвящена определению линии «вверх» и «вниз» спутниковой системы связи. Исходя из

сделанных расчетов, можно сделать вывод, что отношение сигнал/шум находятся в допустимом диапазоне.

4 Бизнес – план

4.1 Определение инвестиционных затрат

Инвестиции - это совокупность затрат на создание новых, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий.

Капитальные вложение включают в себя стоимость оборудования, монтажных работ и транспортных услуг. Общие капитальные вложения [32]:

$$К_{\Sigma}=К_0+К_М+К_{ТР}+К_{ПР} \quad (4.1)$$

здесь $К_0$ - капитальные вложения на приобретение основного оборудования;

$К_М$ - капитальные вложения на монтажные работы;

$К_{ТР}$ - капитальные вложения на транспортные расходы; КПР - затраты на проектирование.

Затраты на оборудование представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1-Смета затрат на приобретение оборудования для реализации проекта [32], [33].

Наименование оборудования	Количество, шт	Цена, тг	Сумма, тг
Антенная система диапазона 14/11-12 ГГц с диаметром зеркала 1,2 м.	2	1 320 990	2641980
Передатчик мощностью 2 Вт, Производства Gilat (Израиль)			
Оконечное оборудование «SkyEdgeII IP», производства Gilat (Израиль).			
Наименование оборудования	Количество, шт	Цена, тг	Сумма, тг
Клиентское оборуд. РРЛ Mikrotik CPE	500	9 160	4 580 000
Оборудование интегрированного доступа IAD	500	10 580	5 290 000

Ко	15011750

Транспортные расходы, составляют 3% от стоимости всего оборудования.

$$К_{тр} = 0,03 \cdot Ко = 0,03 \cdot 15011750 = 450352 \text{ тенге.}$$

Монтаж оборудования, пуско-наладка производится инженерами монтажниками АО «Казахтелеком», расходы составляют 1% от стоимости всего оборудования.

$$К_м = 0,01 \cdot К_0 = 0,01 \cdot 15011750 = 150117 \text{ тенге.}$$

Расходы по проектированию и разработки проекта составляют 0,5% от стоимости всего оборудования.

$$К_{пр} = 0,005 \cdot К_0 = 0,005 \cdot 15011750 = 75000 \text{ тенге.}$$

Общая сумма капитальных вложений по реализации проекта составляет:

$$К_{пр} = 15011750 + 450352 + 150117 + 75000 = 15552278 \text{ тенге.}$$

Все затраты и общая сумма капитальных вложений представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Капитальные вложения

Наименование статей	Сумма, тг
Затраты на оборудование	150117
Капитальные вложения на монтажные работы	150117
Капитальные вложения на транспортные	450352
Затраты на проектирование	75000
Общие капитальные вложения	15552278

4.2 Эксплуатационные расходы

В процессе обслуживания и предоставления услуг связи осуществляется деятельность, требующая расхода ресурсов предприятия. Сумма затрат за год и составит фактическую производственную себестоимость или величину годовых эксплуатационных расходов.

$$Э_р = ФОТ + Ос + Ао + Э + М + Н\ ПЧ, \qquad (4.2)$$

здесь ФОТ - фонд оплаты труда всех работников предприятия; Ос - социальный налог;

М - материальные затраты и запасные части (расходы на запасные части и текущий ремонт составляют 0,5% от капитальных вложений);

Э - затраты на электроэнергию;

Ао - амортизационные отчисления;

ПЧ - платежи за использование частот;

Н - накладные расходы (косвенные расходы, неучтенные расходы, хозяйственные, затраты на обучение кадров, транспортные расходы). Обычно это 75% от себестоимости.

Определим фонд оплаты труда ФОТ:

$$ФОТ = З_{осн} + З_{доп}, \quad (4.3)$$

здесь $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Таблица 4.3 – Заработная плата сотрудников

Наименование категории работников	Численность по штату, чел	Мес. ЗП, Тг	Итого по категории, тг	Годовая ЗП, тг
Руководитель проекта	1	250000	250 000	3 000
Инженерно- технический персонал	2	200 000	400 000	4800 000
Вспомогательный персонал - техник	2	160 000	320 000	3840 000
Итого	5	520 000	790 000	1140 000

Дополнительная заработная плата составит 10% от основной заработной платы:

$З_{доп}$ = 11 640 000 · 0,1 = 1 640 000 тенге.

Тогда ФОТ составит:

ФОТ = 11 640 000 + 1 640 000 = 12 804 000 тенге.

Отчисления в пенсионный фонд (ПФ) составляют 10% от ФОТ:

$$ПФ = 0,1 \cdot ФОТ, \quad (4.4)$$

ПФ = 0,1 · 12 804 000 = 1 280 400 тенге.

Социальный налог составит 11% от ФОТ. Тогда с вычетом пенсионного фонда социальный налог составит:

$$ОС = 0,11 \cdot (ФОТ - ПФ), \quad (4.5)$$

ОС = 0,11·(12 804 000 - 1 280 400) = 1 267 596 тенге.

Нормы амортизационных отчислений для отрасли связи составляют до 25% в год. Примем норму амортизации равной 15%:

$$АО = К \cdot НА /100\%, \quad (4.6)$$

АО = 21 913 765 ·15/100= 3 287 064,743 тенге.

Материальные затраты и расходы на запасные части и текущий ремонт составляют 0,5% от капитальных вложений:

$$М = К \cdot 0,5\% /100\%, \quad (4.7)$$

М = 15011750 · 0,005 = 77762 тенге.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по следующей формуле:

$$Э = W \cdot S \cdot T, \quad (4.8)$$

здесь W - потребляемая мощность, кВт;
T – количество часов работы, T = 8760 ч/год;
S – стоимость киловатт-часа электроэнергии, 1кВтч = 19,41 тенге.
Потребляемая мощность трансформаторов рассчитывается по формуле:

$$P = 1,3 \cdot \Sigma Pn \cdot 0,94, \quad (4.9)$$

здесь 1,3 – коэффициент, учитывающий резерв на развитие и мощность прочего оборудования;

Pn–мощность, потребляемая оборудованием, общая потребляемая мощность одной станции 250 Вт;

0,94 – коэффициент, учитывающий отклонение оборудования в течение суток на профилактику и ремонт [33].

При работе 2 станций:

$$P = 1,3 \cdot 3 \cdot 0,250 \cdot 0,94 = 0,9165 \text{ кВт.}$$

Тогда затраты на электроэнергию для производственных нужд:

$$Э = 0,9165 \cdot 8760 \cdot 19,41 = 155\ 833,96 \text{ тенге.}$$

Платеж за получение разрешительных документов на использование спутниковых радиочастот составит $П_ч$ = 820 000 тенге.

Накладные расходы составляют 75% от себестоимости:

$$Н = 0,75\ С, \qquad (4.10)$$

Определим себестоимость:

$$С = 12\ 804\ 000 + 1\ 267\ 596 + 3\ 287\ 064,74 + 109\ 568,82 + 155\ 833,96 + 820\ 000$$

$$С = 18\ 444\ 063,53 \text{ тенге.}$$

Определим накладные расходы:

$$Н = 0,75 \cdot 18\ 444\ 063,53 = 13\ 833\ 047,65 \text{ тенге.}$$

Эксплуатационные расходы приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Эксплуатационные расходы

Показа	Сумма, тенге
1) ФОТ	12 804 000
2) Отчисления на социальный налог	1 267 596
3) Амортизационные отчисления	3 287 064,743
4) Материальные затраты	109 568,82
5) Затраты на электроэнергию	155 833,961
6) Платеж за использование радиочастот	820 000
7) Накладные расходы	13 833 047,65

Таким образом, годовые эксплуатационные расходы (рисунок 5.1) составят:

$$Э_Р = 13\ 833\ 047,65 + 18\ 444\ 063,53 = 32\ 277\ 111,18 \text{ тенге.}$$

Количество абонентов в местности месторождения по данным компании равно 500 человек. Единовременные платежи - 5492 тг, в том числе:

- подключение к порту - 3500 тг;
- проведение инсталляционных работ на стороне клиента - 1992 тг.

Абонентская плата - GPRS 6225 тг, в том числе:

- высокоскоростной интернет - 3500 тг;
- номер GPRS IDPhone - 800 тг;
- предоставление телефонных соединений внутри сети АО «Казахтелеком» - 700 тг;
- спутниковое TV - 1225 тг.

Таким образом, доход от единовременных платежей составляет:

$$ДЕ = 5\,492 \cdot 500 = 2\,746\,000 \text{ тенге}, \quad (4.11)$$

Доход от абонентской платы в год:

$$ДА = 6\,225 \cdot 12 \cdot 500 = 37\,350\,000 \text{ тенге}, \quad (4.12)$$

Общий доход от реализации услуги:

$$Д = ДЕ + ДА = 2\,746\,000 + 37\,350\,000 = 40\,096\,000 \text{ тенге}.$$

4.3 Определение срока окупаемости

Оценка экономической эффективности проекта производится на основе коэффициента общей (абсолютной) экономической эффективности. Коэффициент общей – (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений рассчитывается по формуле (14):

$$Е_а = \frac{(Д-Э)}{К},$$

здесь Д – доходы от основной деятельности; Э – эксплуатационные расходы;

П – прибыль;

К – капитальные вложения.

Коэффициент общей экономической эффективности капитальных вложений составит:

$$Е_а = \frac{(Д-Э)}{К} = \frac{П}{К},$$

$$Е_а = \frac{(4009600-32246000)}{15552278} = 0{,}85.$$

Срок окупаемости капитальных вложений – срок возвратности средств, является показателем, обратным коэффициенту общей (абсолютной) эффективности:

$$T = \frac{1}{E_a},$$

$$T = \frac{1}{0,85} = 1.15 \text{ г.}$$

В таблице 3.5 представлены результаты расчетов технико-экономического обоснования проектирования [34].

Таблица 3.5 – Сводная таблица расчетов

Наименование	Определение
Капитальные вложения, тг	21 913 765
Эксплуатационные расходы, тг	31 277 111
Предполагаемая прибыль, тг	40 096 000
Коэффициент общей экономической	0,42
Срок окупаемости капитальных вложений, годы	1,15

Основой всех расчетов, проводимых при обосновании и анализе инвестиционных проектов, является сопоставление затрат, которые надо осуществить в настоящее время, и тех денежных поступлений, которые можно получить в будущем. В решении данной проблемы помогает подход, предполагающий определение текущей (современной) стоимости денежных потоков. На данной основе достаточно четко можно представить, насколько окупится сегодняшнее вложение средств завтрашними выгодами.

Для этого рассчитываются следующие показатели:

- чистая приведенная стоимость - NPV (Net Present Value);
- индекс рентабельности инвестиций - PI (Profitability Index);
- внутренняя норма доходности - IRR (Internal Rate of Return);
- дисконтированный срок окупаемости инвестиций - DPB (Discounted Payback Period).

Международная практика оценки эффективности проектов базируется на концепции временной стоимости денег. Оценка эффективности использования инвестируемого капитала производится путем сопоставления денежного потока (cash flow), который формируется в процессе реализации инвестиционного проекта и исходной инвестиции. Проект признается эффективным, если обеспечивается возврат исходной суммы инвестиций и требуемая доходность для инвесторов, предоставивших капитал.

Инвестируемый капитал, равно как и денежный поток приводится к настоящему времени или к определенному расчетному году (который, как правило, предшествует началу реализации проекта).

Дисконтированием называется процесс приведения (корректировки) будущей стоимости денег к их текущей (современной стоимости).

Процесс дисконтирования капитальных вложений и денежных потоков производится по различным ставкам дисконта, которые определяются в зависимости от особенностей инвестиционных проектов. Нормы дисконта могут устанавливаться инвестором, исходя из ежегодного процента возврата, который он хочет или может иметь на инвестируемый капитал. Норма дисконта (Rate of Dicount) – с экономической точки зрения это норма прибыли, которую инвестор обычно получает от инвестиций аналогичного содержания и степени риска. Таким образом, это ожидаемая инвестором норма прибыли [35].

Коэффициент дисконтирования рассчитывается по формуле:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t}, \qquad (4.15)$$

здесь

α_t - коэффициент дисконтирования;

E = 0,2- норма дисконта;

t - номер шага расчета.

$$\propto_1 = \frac{1}{(1+0{,}2)} = 0{,}8$$

$$\propto_2 = \frac{1}{1+0{,}2)^2} = 0{,}69$$

E - норматив приведения разновременных затрат (норма дисконта), учитывающий инфляционные процессы в экономике за рассматриваемый период (Iинф), минимальный гарантированный уровень доходности проекта (P) и инвестиционный риск (r).

Чистая приведенная стоимость (Net Present Value – NPV) относится к группе методов дисконтирования денежных потоков или DCF-методов.

Пусть I_0 - сумма первоначальных затрат, т.е. сумма инвестиций на начало проекта;

PV - современная стоимость денежного потока на протяжении экономической жизни проекта.

Общая накопленная величина дисконтированных доходов рассчитывается по формуле:

$$PV=\sum Pt/(1+E)^{t}, \quad (4.16)$$

$$PV_1 = \frac{13501625}{1,2} = 11251354 \text{ тг}$$

$$PV_2 = \frac{13501625}{1,44} = 9376128 \text{ тг}$$

PV = 11251354+ 9376128= 20627482 тенге.

где E - норма дисконта;

n - число периодов реализации проекта;

Pt - чистый поток платежей в периоде t.

Текущая стоимость затрат ($К_{ВЛ}$) сравнивается с текущей стоимостью доходов (PV). Разность между ними составляет чистую текущую стоимость проекта (NPV).

$$NPV = PV - K_{ВЛ}, \quad (4.17)$$

NPV = 20627482- 155522785 = 5075204 тенге

Потому что NPV>0, проект прибыльный и его следует принять.

Индекс рентабельности (доходности) инвестиций (PI). Индекс рентабельности представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине инвестиционных затрат. Индекс рентабельности (PI) рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^{n} \left(\frac{PV}{K_{ВЛ}}\right) \quad (4.18)$$

PI =15552278= 1,32.

Из этого показателя так же видно, что проект следует принять, т.к. рентабельность больше единицы.

Срок окупаемости инвестиций, для полного возмещения первоначальных затрат определяется момент, когда денежный поток доходов сравняется с суммой денежных потоков затрат. Общая формула(4.19) определение показателя DPP имеет вид:

$$DPP = t + \frac{K - PV1}{PV2}, \quad (4.19)$$

$$DPP = 1 + \frac{15552278 - 11251354}{9376128} = 1{,}45.$$

Ставка прибыли (норма дисконты Г) равна 20 % в год.

4.4 Вывод

Общая сумма капитальных вложений составила 21 913 765 тенге, эксплуатационных расходов – 31 457 111 тенге. Большую часть в годовых эксплуатационных расходах занял накладные расходы. Предполагаемый годовой доход составил 40 096 000 тенге. Срок окупаемости капитальных вложений составил 2,3 года или 2 года 4 месяца. Исходя из вышеприведенного финансово-экономического обоснования данного проекта, можно сделать вывод, что данный проект является экономически выгодным и эффективным.

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Анализ условий труда

Работа с оборудованием управления, СВЧ передатчиками и компьютерами характеризуется большим умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой диспетчеров, высокой напряженностью зрительной работы и достаточно большой нагрузкой на мышцы рук при работе с клавиатурой ЭВМ. Большое значение имеет рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной рабочей позы инженера.

В процессе работы с СВЧ оборудованием и вычислительной техникой соблюдается строго режим труда и отдыха. В худшем случае у персонала отмечаются большое напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудобство работы, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

К числу неблагоприятных влияния относятся электромагнитные поля (ЭМП) высоких частот. Их влияние на человека может вызвать функциональные сдвиги в организме: высокую и быструю утомляемость, головные боли, нарушение сна, раздражительность, утомление зрения и т.п.

В аппаратной существенная работа обслуживающего персонала заключается в контроле качества передаваемой информации. Непрерывный контроль осуществляется с помощью ПК, видеомониторов и различного индикационного оборудования. Вся выполняемая работа связанна с нагрузкой на зрение. Следствие с этим выполняются нормированные условия освещенности, установленные СНиП РК 2.04-05-2002 «Естественное и

искусственное освещение. Нормы проектирования». При нарушении нормированных условий освещенности, чрезмерно яркое или очень слабое освещение, у работающего персонала, осуществляющего постоянный контроль, развиваются глазные болезни. При работе с оборудованием спутниковых станций на работников в той или иной степени воздействуют следующие физические факторы:

повышенные уровни переменного электромагнитного и электростатического полей;

– повышенный уровень статического электричества;

– повышенный уровень низкоэнергетического (мягкого) рентгеновского ионизирующего излучения;

– повышенные уровни ультрафиолетового и инфракрасного излучения;

– повышенное содержание положительных аэроионов в воздухе рабочей зоны;

– пониженное содержание отрицательных аэроионов;

– повышенный или пониженный уровень освещенности рабочей зоны;

– повышенная яркость фрагментов светового изображения или света, падающего в поле зрения пользователя;

– повышенная внешняя освещенность экрана;

– повышенная прямая блескость, вызванная попаданием в поле зрения работающего чрезмерно яркого света различных излучающих объектов;

– увеличенная отраженная блескость, обусловленная наличием зеркальных отражений, в том числе от экрана, имеющих большую яркость;

– высокое значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Предельно допустимые уровни ЭМП следующие:

– в СВЧ-диапазоне - 10 мкВт/см^2;

– в диапазоне до 300 МГц по электрической составляющей - 5 В/м, по магнитной составляющей - 5 А/м.

При работе за экраном жидкокристаллического дисплея на пользователя воздействует ультрафиолетовое излучение с длинами волн <320 нм. Также при образовании строчной и кадровой разверток дисплея возникает излучение электромагнитных полей частотой до 100 кГц. Это является причиной возникновения следующих заболеваний:

– обострение каких–либо заболеваний кожи (угревая сыпь, себорроидная экзема, розовый лишай, рак кожи и др.);

– увеличение в 2 раза вероятности выкидышей у беременных женщин;

– нарушение репродуктивной функции и возникновение рака;

– нарушение режима терморегуляции организма;

– изменения в нервной системе (потеря порога чувствительности);

– понижение/повышение артериального давления.

Помещения, в которых установлены персональные ЭВМ, по пожарной опасности относятся к категории Д, и удовлетворяют требованиям по

предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91. Обязательно наличие телефонной связи и пожарной сигнализации.

Материалы, применяемые для ограждающих конструкций и отделки рабочих помещений огнестойкие. Для предотвращения возгорания в зоне расположения ЭВМ обычных горючих материалов (бумага) и электрооборудования, берем следующие меры:

– в аппаратной размещаем углекислотные огнетушители типов ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8. Согласно типовым правилам пожарной безопасности на каждые 100 кв. метров площади помещения должен приходиться один огнетушитель. Значит, необходим один огнетушитель ОУ-8;

– в качестве вспомогательного средства тушения пожара использовать гидрант или устройства с гибкими шлангами. Это предусмотрено пожарной безопасностью телецентра;

– для непрерывного контроля аппаратной и зоны хранения носителей информации устанавливаем систему обнаружения пожаров, для этого можно использовать комбинированные из вещатели типа КИ-1 из расчета, в данном случае, один из вещатель на одно помещение;

Рабочее место и взаимное расположение всех его элементов соответствует антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего 72 места соблюдаем следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места и достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

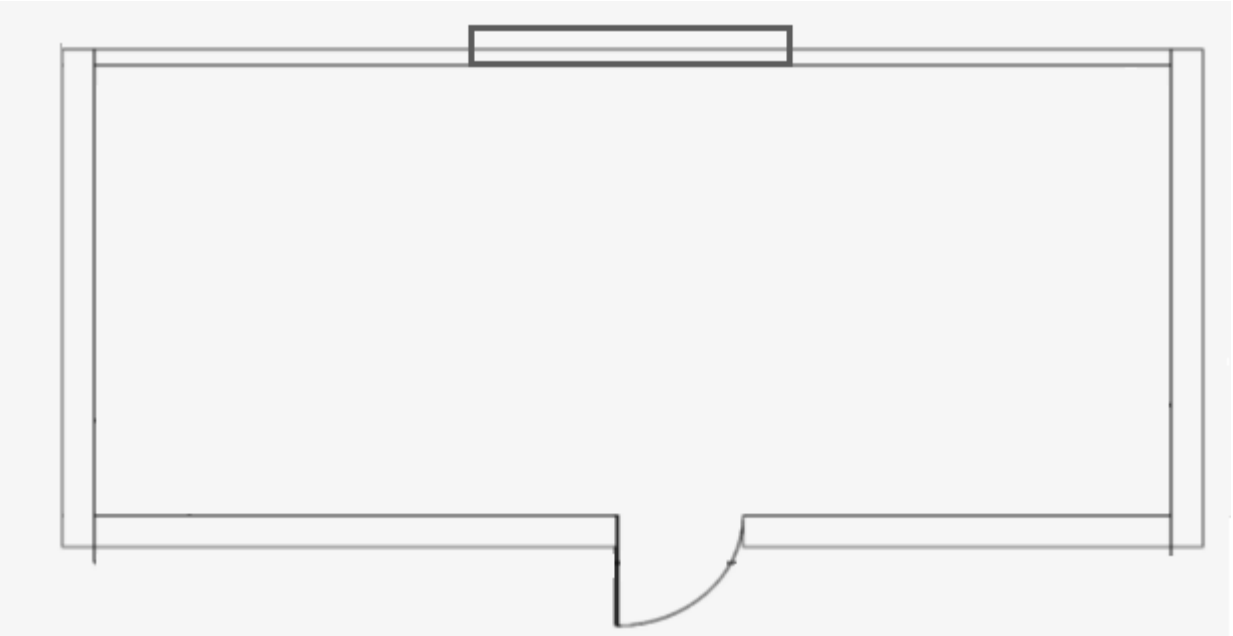


Рисунок 5.1

На рисунке 5.1 представлена планировка расположения аппаратуры земной станции. Окно станции (размер 0,9 м х 1,8 м) выходит во внутренний двор.

Наружная дверь выходит в коридор телецентра. Ящик пожарного гидранта расположен на расстоянии пяти метров от входа в помещение станции.

Главными элементами рабочего места инженера ЗС являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя. Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление оператора. Рациональная планировка рабочего места (рисунок 5.2) предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

– Дисплей (ВКУ) размещается в зоне а (в центре);
– Системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
– Клавиатура - в зоне г/д;
– «Мышь» - в зоне в справа;
– Матрицы коммутации - в зоне б (справа);
– Наглядные схемы коммутации - в зоне а (слева).

Документация: необходимая при работе - в зоне легкой досягаемости ладони – в; в выдвижных ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.

а - зона максимальной досягаемости; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;

в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы

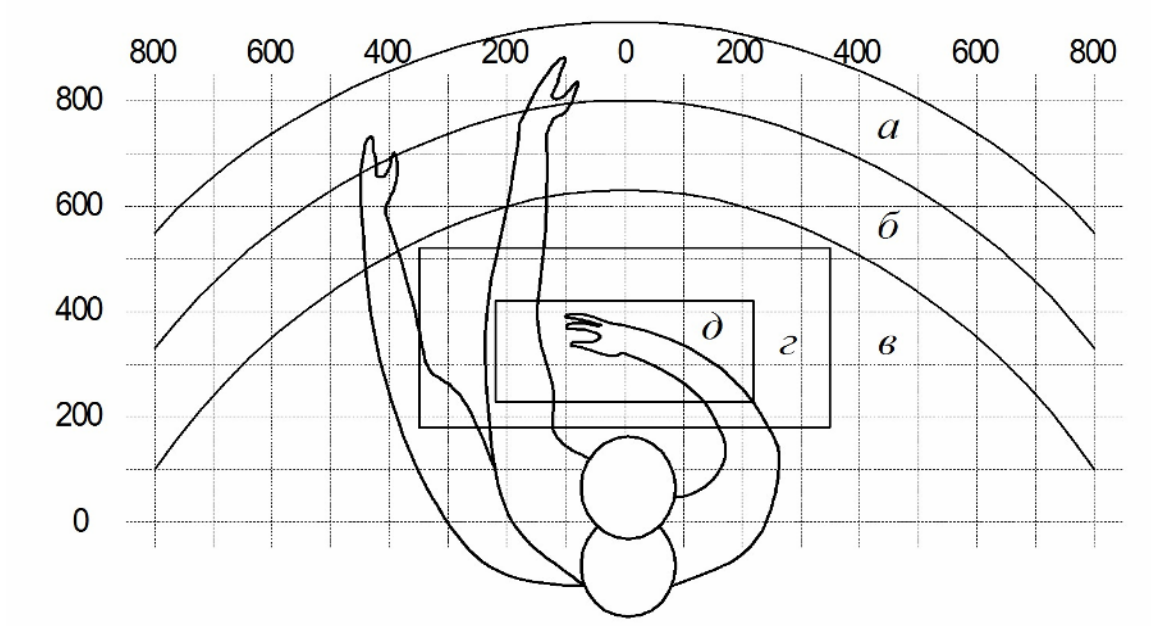


Рисунок 5.2 – Пояснение к зонам досягаемости.

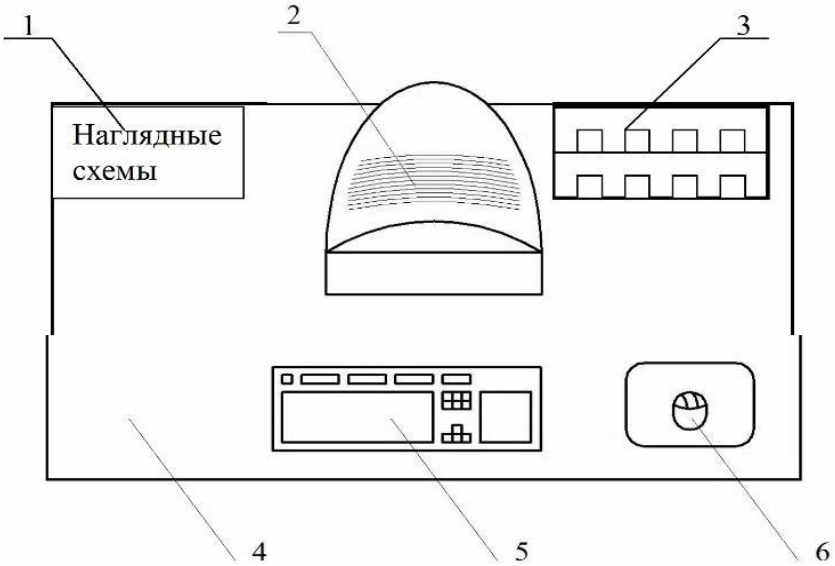


Рисунок 5.3

На рисунке 5.3 показан пример размещения основных и дополнительных средств необходимых для работы на столе инженера спутниковой станции.

1 – схемы коммутации, 2 – монитор (ВКУ), 3 – матрицы коммутации (расположены на подставке), 4 – поверхность рабочего стола, 5 – клавиатура, 6 – манипулятор типа «мышь».

Положение экрана считается:

– расстоянием считывания (0,6…0,7м);

– углом считывания, направлением взгляда на 20^0 ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Также предусматривается возможность регулирования экрана:

– по высоте +3 см;

– по наклону от -10^0 до $+20^0$ относительно вертикали;

– в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе инженера. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

– голова не должна быть наклонена более чем на 20 %,

– плечи должны быть расслаблены,

– локти - под углом 80^0 …100^0,

– предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами: нет хорошей подставки для документов, клавиатура находится слишком высоко, а документы - низко, некуда положить руки и кисти, недостаточно пространство для ног.

В целях преодоления указанных недостатков даются общие рекомендации: лучше передвижная клавиатура; предусматриваются специальные приспособления для регулирования высоты стола, клавиатуры и экрана, а также подставка для рук.

Во время пользования компьютером устанавливаем монитор на расстоянии 50-60 см от глаз. Медицинские специалисты считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже. Когда человек смотрит прямо перед собой, его глаза открываются шире, чем, когда он смотрит вниз. За счет этого площадь обзора значительно увеличивается, вызывая обезвоживание глаз. К тому же если экран установлен высоко, а глаза широко открыты, нарушается функция моргания. Это значит, что глаза не закрываются полностью, не омываются слезной жидкостью, не получают достаточного увлажнения, что приводит к их быстрой утомляемости.

Помимо использования видеоконтрольных устройств непосредственно за рабочим столом, устанавливаем ВКУ размером по диагонали 19″ в стойках аппаратуры передатчика. При этом выбираем высоту установки, соответственно, так, чтобы можно было наблюдать за качеством изображения из положения сидя, не задирая головы с рабочего места инженера.

В разделе эргономики приведено описание рабочего места инженера, планировка станции, рекомендации по расположению компьютера и видеоконтрольных устройств.

5.1 Анализ условий труда

Помещение по зрительным условиям работы относится к III разряду (точные), согласно таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Разряды зрительных работ

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы
Наивысшей точности	Менее 0,15	I
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV
Малой точности	Св. 1,0 до 5	V
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII

Обычно искусственное освещение выполняется посредством электрических источников света двух видов: ламп накаливания и люминесцентных ламп.

Используем люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют ряд существенных преимуществ:

– по спектральному составу света они близки к дневному, естественному свету;

– обладают более высоким КПД (в 1,5-2раза выше, чем КПД ламп накаливания);

– обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания);

– более длительный срок службы [12,13].

Местное освещение обеспечивается настольными светильниками, установленными непосредственно на столешнице.

Рассчитаем общее искусственное освещение видео аппаратной, размерами: длина А = 5 м, ширина В = 2,5 м, высота Н = 3 м. Разряд зрительной работы 1г. Коэффициенты отражения ρпот = 70 %, ρст = 50 %. Рпол= 30 %. Так как здание невысокое, то применяем систему общего освещения с использованием источников света с небольшой единичной мощностью. Принимаются лампы ЛТБ. Нормируемая освещенность по СНиП 2.04-05-2002 составляет Е = 400 лк, коэффициент запаса (таблица 1.10 /22/) Кз = 1,5. Высота свеса h = 0,5 м. Рабочая поверхность hраб = 0,8 м [12,14].

Расчетная высота:

$$h_{расч} = H - h_{раб} - h_{св} = 3 - 0.8 - 0{,}2 = 2 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками:

$$L = \lambda \cdot h_{расч} = 1{,}2 \cdot 1{,}7 = 2$$

Расстояние от крайних светильников до стены:

$$l = 0{,}28 \cdot L = 0{,}28 \cdot 2 = 0{,}5$$

Количество ламп:

$$N = \frac{400 \cdot 1.5 \cdot 30 \cdot 1{,}15}{11000 \cdot 1 \cdot 0{,}64} \approx 2{,}94 \approx 3$$

Принимается 1 ряд ламп, расстояние между ними 2 м, расстояние от стен 0,5 м, всего светильников 3 шт.

Расчет индекса помещения:

$$i = \frac{5 \cdot 6}{2 \cdot (5+6)} \approx 1.36$$

где *A* – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

hрасч – расчетная высота, м.

Из таблицы 5.2 определяется коэффициент использования, который равен: η = 0,64 [14].

Определение светового потока лампы рассчитывается по формуле:

$$Ф_л = \frac{E \cdot К_з \cdot S \cdot Z}{N \cdot ŋ}$$

где E – заданная минимальная освещенность;

Кз– коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь;

N – число ламп.

Полученную освещенность, с учетом допуска отклонения светового потока –10…+20 %, обеспечивает одна газоразрядная лампа с Фл= 11000 лм. Окончательно применяется 3 лампы в 1 ряд, по 1 светильнику в каждом; световой поток каждой лампы – 1100 лм, мощностью 130 Вт. Расположение светильников приведено на рисунке 5.4

Для простоты расчета с учетом, что при оценке условий (часто довольно сложных) возможная ошибка сравнима с округленной величиной, при выборе ближайших стандартов лампы применяется расчет освещения по удельной мощности.

Удельная мощность ω представляет собой частное от деления суммарной мощности ламп на площадь помещения.
В помещении видео аппаратной, площадью S=A·B= 5·6=30 м^2 с $\rho_п$=0,7; $\rho_с$=0,5; $\rho_р$=0,3 на расчетной высоте h=2 м установлены светильники типа УСП-35-2Х40 (КСС типа Д-3, КПД=70%) с ЛЛ типа ЛБ.

Произведем поверочный расчет для определения количества светильников, для создания освещенности Е= 400 лк при коэффициенте запаса kз=1.5 и коэффициенте неравномерности z=1.1
Находим ω100%=2,9 Вт/м2, но так как в таблице Е=100 лк kз=1.5 и КПД= 100% то пропорциональным пересчетом определяем:

$$\omega = \frac{(2.9 \cdot 1.5 \cdot 400)}{(1.5 \cdot 0.7 \cdot 100)} = 16.6\ \text{Вт/м}^2.$$

Число светильников:

$$N = \frac{\omega \cdot S}{P} = \frac{16{,}6 \cdot 30}{130} \approx 3$$

Таким образом, принимаем три ряда по одному светильнику в каждом. Рассчитанная система общего освещения удовлетворяет нормам и позволяет создать комфортные условия труда, при которых исключается возможность травматизма глаз обслуживающего персонала.

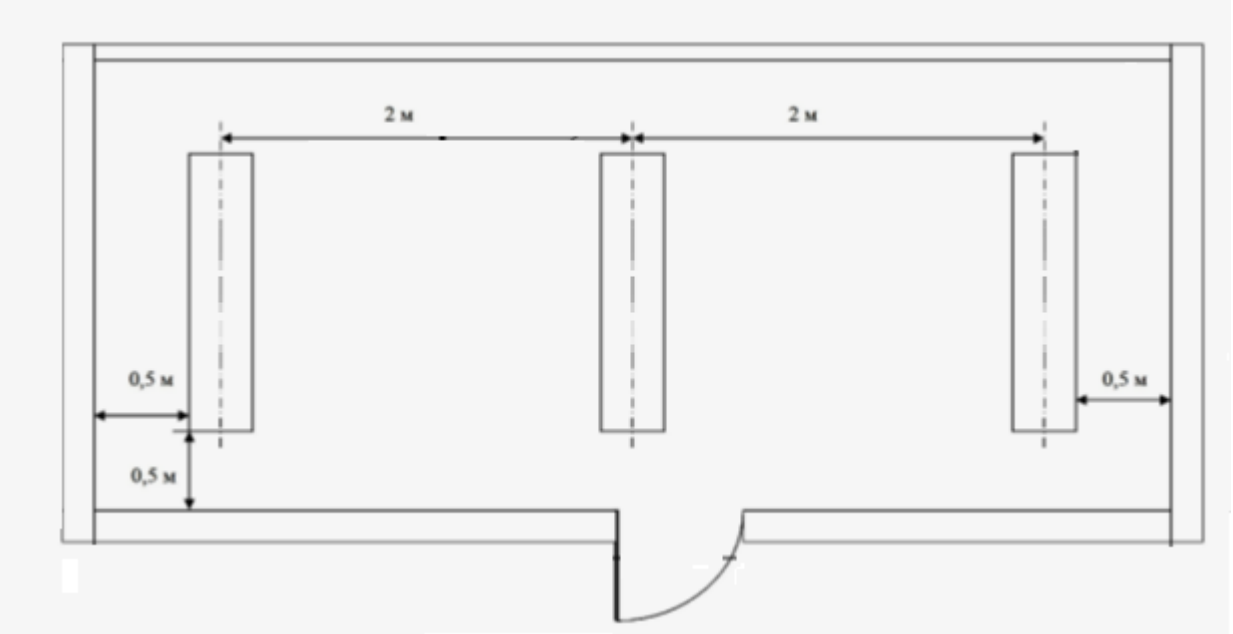


Рисунок 5.4 - Расположение светильников в аппаратной

Заключение

В последнее время растет потребность крупных предприятий в создании разветвленных корпоративных сетей, объединяющих центральные офисы с филиалами в регионах страны. Сегодня требуется не только стабильная передача данных, но и качественная телефонная связь, услуги видео, доступ в Интернет. В связи обширной географией нашей страны и отсутствием во многих регионах наземных коммуникаций, для решения этих задач надо, а порой и единственно возможно использование спутниковой и радиорелейной связи.

Оборудование Sky Edge, обладающее рядом преимуществ по сравнению с другими существующими технологиями, призвано способствовать скорейшему внедрению спутниковой связи на всей территории Республики Казахстан. При небольшой стоимости приемного оборудования, легкости установки и эксплуатации Sky Edge дает возможность предоставления широкого конвента услуг. А новое поколение ЦРРС МИК-РЛ4...15РМ предоставляет пользователю повышенную пропускную способность – до 78 Мбит/с, тем самым приближаясь к высокоскоростным ЦРРС, но выгодно отличаясь от них по цене. Наряду с возможностью передачи комбинированного трафика TDM+Ehternet, высокой энергетикой радиолинии и широким набором функциональных возможностей ЦРРС МИК-РЛ7РМ представляют собой сбалансированное ценовое решение для работы на трассах, не позволяющих обеспечить большую пропускную способность.

Проведенный анализ позволяет говорить о надежности системы с точки зрения принимаемого сигнала. В процессе выполнения технической части дипломной работы был произведен энергетический определение для линии «вниз» и «вверх» спутниковой системы связи и определение радиорелейной линии. Было определено расстояние между космическим аппаратом и земными стациями, которое не превышает предельного значения ($38640<d<42644$ км). Общая мощность передатчика космической станции = 17,157 Вт не превышает паспортного значения P=45Вт. Полученные значения мощности передатчика земной станции соответствуют техническим параметрам оборудования станций VSAT. Условия выполнения устойчивости связи на пролетах радиорелейной линии прямой видимости с передачей цифровых сообщений Акшукыр – Устюрт подтверждены. По полученным результатам можно сделать вывод, что все нормы на неготовность выполняются даже на самых протяженных пролетах.

В данном разделе, согласно проведенному анализу условий труда в помещении спутниковой и радиорелейной станции, был проведен определение естественного и искусственного освещения рабочего помещения, которое удовлетворяет условия труда, и было вычислено сопротивление заземляющего устройства, равное 3,6 Ом, которое находится в пределах допустимых норм.

ЗС экономической точки зрения оборудование Sky Edge и Микран, которое предоставляет компания ASTEL, дает возможность быстрого разворачивания системы и наращивания абонентской емкости при сравнительно небольших капиталовложениях. Средства, вложенные в организацию сети, предприятие окупит за 1,15 года или 2 года 3 месяца.

Список литературы

1 Нейман В.И. Дальнейшая интеграция сетей связи//Электросвязь. - №6.2007. - 369с.

2 Спирин А. А. Статья: Введение в технику волоконно-оптических сетей.2007г.-278с.

3 Сайт компании ВимКом. Описание телекоммуникационного оборудования. http://vimcom.ru/optic / (дата обращения 05.04.2016).

4 Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи. - М.: Радио и Связь, 1990.-346с.

5 Скляров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. - М.: Лань, 2010.-389с.

6 Конин В.В. Спутниковые системы и технологии. - М.: Оборонгиз, 2002.-479с.

7 Спутниковая связь и вещание. Коллектив ООО «Гротеск», 2009.-175с.

8 Самарский П.А. Основы структурированных кабельных систем. - М.:ДМК пресс, Компания АйТи, 2005.-169с.

9 Семенов А.Б., Стрижаков С.К., Сунчелей И.Р. Структурированные кабельные системы 2-ое изд. - М.: ДМК пресс, 2002.-340с.

10 Сайт компании «Мэйдекс». Описание обрудования. Прайс-лист. http://www.madex.ru/service/articles/sks/ (дата обращения 05.04.2016).

11 Николаев А.А. Локальные проводные сети// Компьютер-Информ.- №1 . - 2003.-275с.

12 Григорчак О.А. ЦРЛС: расширяя границы возможного// Connect/ №2. - 2005.-170с.

13 Камнев В.Е. Интеграция низкоорбитальных спутниковых и сотовых сетей связи с использованием протоколов физического и канального уровней.-М.: Стокгольм: Сотовая связь XXI века,1999.-188с.

14 Крупнов А.Е., Соколов Н.А. Калистратов Д.Ю. Широв Т.О. Новые телекоммуникационные технологии в отрасли связи// Электросвязь. - № 11. - 2009.-356с.

15 Группа РЦБ. Спутниковые коммуникации// Издательский дом. - №10.-280с.

16 Сайт компании «Satellite LTD». Оборудование для спутниковой связи. http: //www. satellite. ru/activities/ (дата обращения 02.03.2016).

17 Спутниковая связь и вещание: Справочник/Под ред. Л.Я.Кантора. — М.: Радио и связь, 1988.-310с.

18 В.Н.Матуско, Н.С.Лебедев. Надежность информационных систем. Учебное пособие по специальности, СГГА, Новосибирск, 2006. - стр. 35.

19 Ш.К.Биболов. Физика, краткий справочник для абитуриентов и школьников, «Арман-ПВ», Астана, 2011. - стр. 50.

20 А.В.Абилов. Распространение радиоволн в сетях подвижной связи.

Приложение А
Результаты рассчета

Параметр	Обозначение	Акшукур	Астана
Расстояние между ЗС и КС	d, км	37850	38640
Ослабление Сигнала	L0↑, раз	$5{,}149 \cdot 10^{20}$	$5{,}187 \cdot 10^{20}$
	дБ	206,937	207,118
	L0↓, раз	$3{,}036 \cdot 10^{20}$	$3{,}164 \cdot 10^{20}$
	дБ	247,15	247,149
Дополнительное ослабление на трассе	Lдоп, раз	1,58	1,58
	дБ	2	2
Суммарная шумовая Температура	Тш↑, К	1701	1701
	Тш↓, К	379	379
Коэффициент усиления ЗС	Gзс↑, раз	$5{,}66\text{-}10^{4}$	$2{,}52\text{-}10^{4}$
	дБ	87,536	44,006
	Gзс↓, раз	$3{,}748\text{-}10^{4}$	$1{,}546\text{-}10^{4}$
	дБ	45,413	41,891
Коэффициент усиления КС	Gкс↑, раз	3162	3162
	дБ	35	35
	Gкс↓, раз	3000	3000
	дБ	30	30
Мощность передатчика ЗС	Рзс, Вт	41	32,3
	дБ	16,472	16,479
Мощность передатчика КС	Ркс, Вт	2,06	7,658
	дБ	3,119	8,841
Суммарная мощность шумов на	Рш↑, Вт	$4{,}6 \cdot 10^{-14}$	$4{,}6 \cdot 10^{-14}$
	дБ	-133,377	-133,377
	Рш↓, Вт	$1{,}15 \cdot 10^{-14}$	$1{,}15 \cdot 10^{-14}$
	дБ	-139,386	-139,386
Уровень сигнала на вход РПУ	Ркс↑, дБ	-109,378	-114,808
	Рзс↓, дБ	-127,186	-125,186
Отношение Рс/Рш заданное	Рс/Рш↑, дБ	16	11

Приложение Б
Окна определение, выполненные в программе MathCad 14

$\xi := 43.64 \cdot deg$ $\quad b := 12$ $\quad Da := 1.8$ $\quad T0 := 290$ $\quad a := 6$ $\quad \beta_1 := 51.03$ $\quad \eta := 0.9$

$c := 3 \cdot 10^6$ $\quad f := 14 \cdot 10^9$ $\quad k := 1.38 \cdot 10^{-23}$ $\quad \lambda := \frac{c}{f}$ $\quad Kш := 6$ $\quad Lдоп := 2$ $\quad Gкспр := 35$

$g := 8$ $\quad tслк := 100$ $\quad \beta кс := 86.5$ $\quad tшкс := 58$ $\quad Pспзс := -34$ $\quad Pспкс := -51$

$\lambda = 2.143 \times 10^{-4}$ $\quad Gкспер := 30$ $\quad tшзс := 43$ $\quad PcPш := 11$ $\quad \Delta f := 2 \cdot c \cdot \frac{\log(2)}{\log(1 + PcPш)}$

$a_1 := 10^{\frac{a}{10}}$ $\quad b_1 := 10^{\frac{b}{10}}$ $\quad L_1 := 10^{\frac{Lдоп}{10}}$ $\quad PcPш1 := 10^{\frac{PcPш}{10}}$ $\quad a1 := 10^{\frac{a}{10}}$

$PcPш1 = 12.589$ $\quad \Delta f = 1.674 \times 10^6$ $\quad Tпр := T0 \cdot (Kш - 1)$ $\quad Lдоп1 := 10^{\frac{Lдоп}{10}}$

$Gкс1 := 10^{\frac{Gкспр}{10}}$ $\quad Gкс1 = 3.162 \times 10^3$ $\quad Tпр = 1.45 \times 10^3$

1) $\beta := \beta_1 - \beta кс$ $\quad \beta = -35.47$

$\cos\psi := \cos(\xi) \cdot \cos(\beta \cdot deg)$ $\quad \cos\psi = 0.589$

$d := 42644 \cdot \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos\psi}$

Рисунок Б1 – Окно расчета линии «вверх» Акшукыр - КС

2)

$$T\Sigma := tшкс + T0\cdot\left(\frac{1-\eta}{\eta}\right)\cdot\frac{Tпр}{\eta} \qquad T\Sigma = 5.197\times10^{4}$$

3)

$$Gзс := \frac{10\cdot0.8\cdot Da^{2}}{\lambda^{2}} \qquad Gзс = 5.645\times10^{8}$$

$$Gзс1 := 10\cdot\log(Gзс) \qquad Gзс1 = 87.516$$

4)

$$Pзс := \frac{16\cdot\pi^{2}\cdot d^{2}\cdot10^{6}\cdot Lдоп1\cdot k\cdot T\Sigma\cdot\Delta f}{\lambda^{2}\cdot Gзс\cdot Gкс1\cdot\eta^{2}}\cdot b_{1}\cdot PcPш1$$

$$Pзс = 1.356\times10^{3} \qquad Pзс1 := 10\cdot\log(Pзс) \qquad Pзс1 = 31.323$$

5)

$$L0 := \frac{16\cdot\pi^{2}\cdot d^{2}\cdot10^{6}}{\lambda^{2}} \qquad L0 = 5.165\times10^{24} \qquad L01 := 10\cdot\log(L0)$$

6)

$$Pш := k\cdot T\Sigma\cdot\Delta f \qquad Pш = 1.2\times10^{-12}$$

$$Pш1 := 10\cdot\log(Pш) \qquad Pш1 = -119.207$$

$$Pc := Pзс1 - 0{,}458 + Gзс1 - L01 + Gкспр - 0{,}458$$

Рисунок Б2 – Окно расчета линии «вверх» Акшукыр – КС

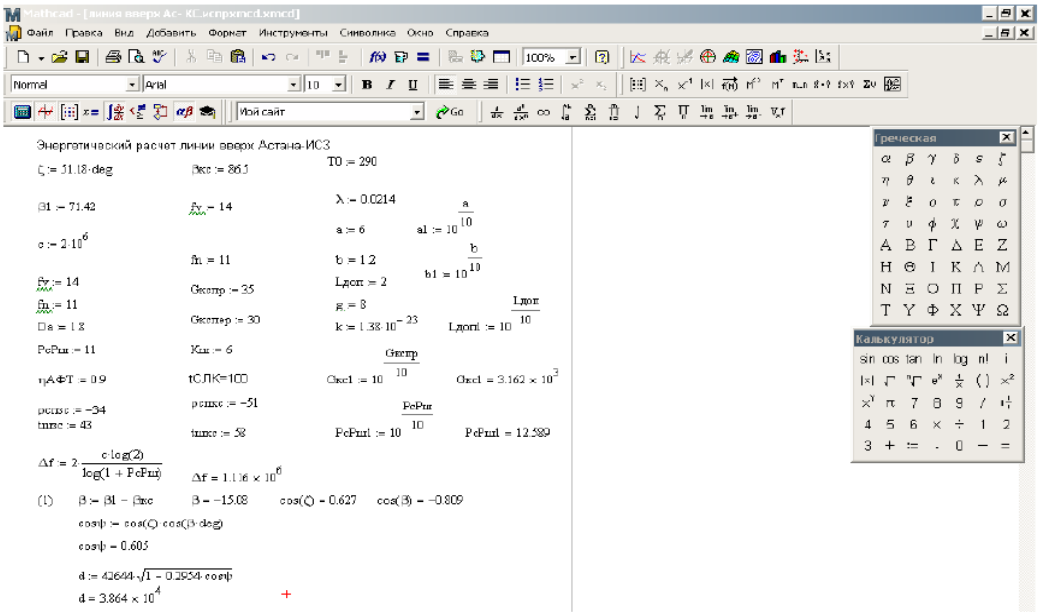


Рисунок Б3 – Окно расчета линии «вниз» КС – Акшукыр

Mathcad - [линия вверх Ас- КС.испрхmcd.xmcd]

Файл Правка Вид Добавить Формат Инструменты Символика Окно Справка

Энергетический расчет линии вверх Астана-ИСЗ

$\zeta := 51.18 \cdot deg$ $\quad \beta кс := 86.5$ $\quad T0 := 290$

$\beta 1 := 71.42$ $\quad fv := 14$ $\quad \lambda := 0.0214$ $\quad a := 6$ $\quad a1 := 10^{\frac{a}{10}}$

$c := 2 \cdot 10^{6}$ $\quad fn := 11$ $\quad b := 1.2$ $\quad b1 := 10^{\frac{b}{10}}$

$fv := 14$ $\quad Gкспр := 35$ $\quad Lдоп := 2$

$fn := 11$ $\quad g := 8$

$Da := 1.8$ $\quad Gкспер := 30$ $\quad k := 1.38 \cdot 10^{-23}$ $\quad Lдоп1 := 10^{\frac{Lдоп}{10}}$

$PcPш := 11$ $\quad Kш := 6$

$\eta АФТ := 0.9$ $\quad tСЛК=100$ $\quad Gкс1 := 10^{\frac{Gкспр}{10}}$ $\quad Gкс1 = 3.162 \times 10^{3}$

$\rho спвс := -34$ $\quad \rho спкс := -51$

$tшвс := 43$ $\quad tшкс := 58$ $\quad PcPш1 := 10^{\frac{PcPш}{10}}$ $\quad PcPш1 = 12.589$

$\Delta f := 2 \cdot \frac{c \cdot \log(2)}{\log(1 + PcPш)}$ $\quad \Delta f = 1.116 \times 10^{6}$

(1) $\beta := \beta 1 - \beta кс$ $\quad \beta = -15.08$ $\quad \cos(\zeta) = 0.627$ $\quad \cos(\beta) = -0.809$

$\cos\psi := \cos(\zeta) \cos(\beta \cdot deg)$

$\cos\psi = 0.605$

$d := 42644 \cdot \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos\psi}$

$d = 3.864 \times 10^{4}$

Греческая

Калькулятор

Рисунок Б4 – Окно расчета линии «вверх» Астана – КС

Продолжение приложения Б

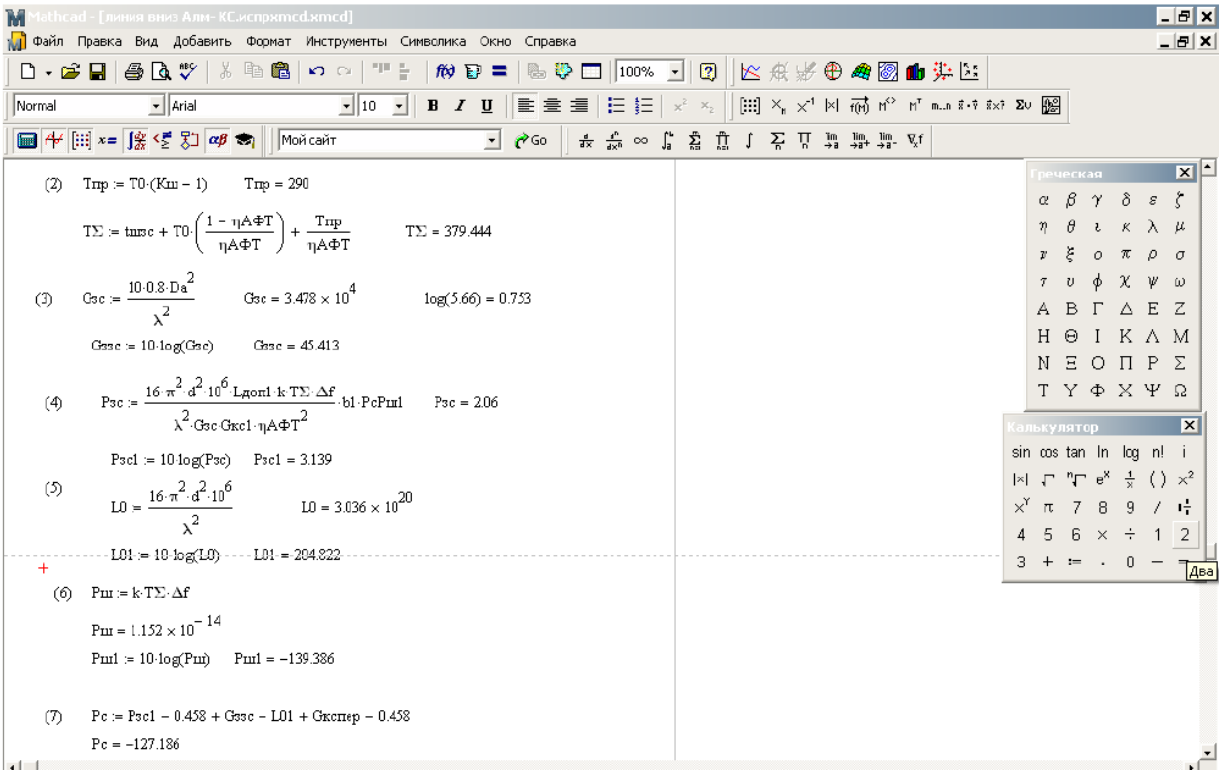


Рисунок Б5 – Окно расчета линии «вверх» Астана – КС

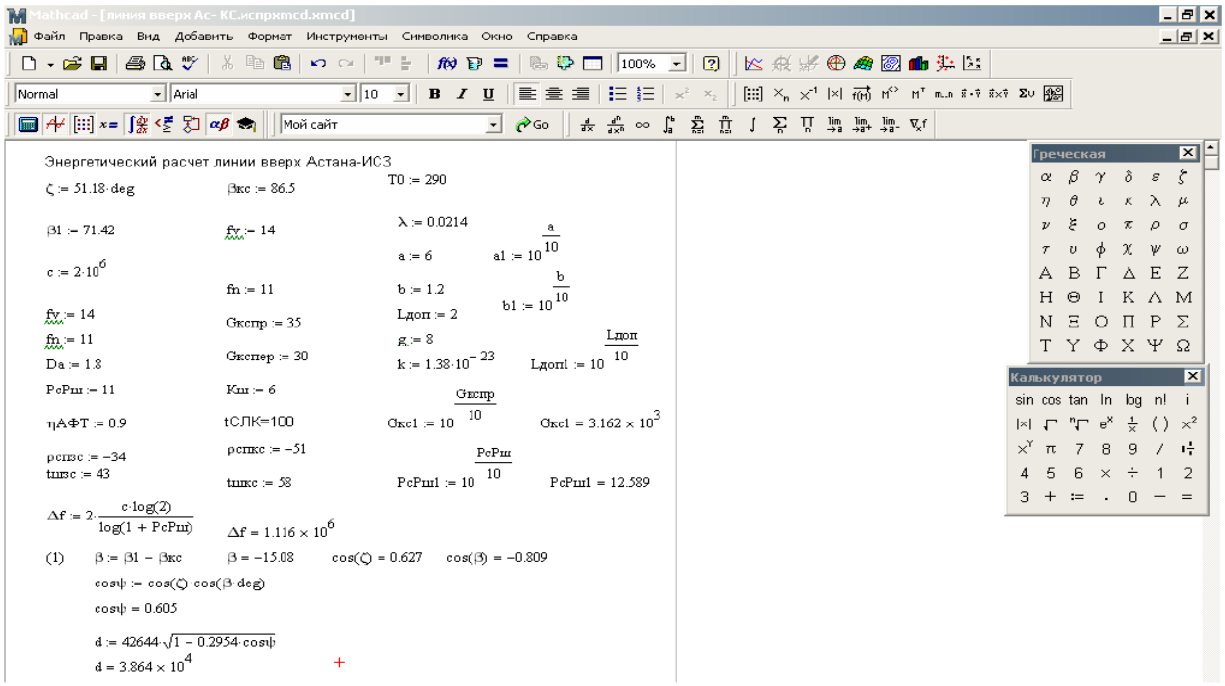


Рисунок Б6 – Окно расчета линии «вниз» КС – Астана