

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра

Телекоммуникационные системы

«Допущен к защите»  
Заведующий кафедрой

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

(подпись)

20\_\_ г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему:

Реконструкция корпоративной сети  
АО "Altel" на основе iDirect

Специальность

5B071900 Радиотехника, электроника и телеком.

Выполнил (а)

Сарсенов М.А.

(Фамилия и инициалы)

МТС - 12-4

группа

Научный руководитель

ст. преп. Сакабаева А.К.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

доцент Бокарова Г.Ш.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

(подпись)

« 31 »

05

20\_\_ г.

по безопасности жизнедеятельности:

ст. преп. Бегимбетова А.С.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

(подпись)

« 30 »

мая

20\_\_ г.

по применению вычислительной техники:

кандидат тех. наук, ст. пр. Ефременова Ю.И.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

(подпись)

« 29 »

мая

20\_\_ г.

Сакабаева А.К.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

(подпись)

« 29 »

05

20\_\_ г.

Нормоконтролер:

Денисова Т.Д., ст. пр.-16

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

(подпись)

« 6 »

июни

20\_\_ г.

Рецензент:

К.Т.Н. Орландов М.М.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

(подпись)

« 6 »

июни

20\_\_ г.

Алматы 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Радиотехники и связи  
Специальность 5В071900 Радиотехника, электроника и тел.  
Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Сарсенов Марат Асканович  
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Реконструкция корпоративной сети  
АО "Altel" на основе iDirect

утверждена приказом ректора № 149 от «19» 10 2015 г.

Срок сдачи законченной работы «   » 20 г.

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

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

Введение  
Система спутниковой связи  
Анализ и выбор оборудования сети iDirect  
Выбор оборудования и определение параметров  
Энергетический расчет спутниковой линии  
Расхождение между передатчиком и приемной ант.  
Затухание энергии сигнала в свободном проб.  
Расчет шума  
Расчет мощности передатчиков земной и космич. ст.  
Контрольный расчет антенн ЗС и КС  
Построение диаграмм уровней мощности сигнала  
Безопасность радиосвязи  
Бизнес план




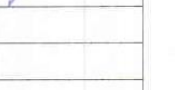
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

- Рисунок 1.2 - Зона обслуживания Kaz Sat-2  
 Рисунок 1.3 - Зона покрытия Intelsat 90460 G3  
 Рисунок 1.4 - Схема классификации и передачи трафика  
 Рисунок 1.5 - Технологии iDirect  
 Рисунок 2.1 - Внешний вид антенн 5-TF  
 Рисунок 2.2 - Архитектура ЦСЗС Private Hub  
 Рисунок 2.3-2.4 - Передняя и задняя обложка модели ID 3000  
 Рисунок 2.5 - Передняя обложка модели ID 5000  
 Рисунок 2.6 - Задняя обложка модели ID 5000  
 Рисунок 3.1 - Графики для определения затухания радиосигнала в атмосфере  
 Рисунок 3.2 - Диаграмма уровней излучения "вверх" и "вниз"  
 Рисунок 3.3 - Разрешение спутниковой линии "link" с помощью программного обеспечения

Рекомендуемая основная литература

1. ГИС картонных и космических радиосигналов. Бодриг С.В. 2003г.
2. Спутниковая связь и проблема экологической среды. Кайбор А.В. 2002г.
3. Основы техники беспроводной связи в электротехнике. Додик П.А. 1984г.
4. Закупки на экологическую продукцию. Мухомов В.И. 2002г.
5. Экономика предприятия. Кузнецов Д.И. 2011г.
6. Экономика предприятия. Аманбаев У.А. 2012г.
7. Охрана труда на предприятии связи и охране окружающей среды. Батманов В.И. 1987г.
8. iDirect Technologies. Jefferson S.T. 2006г.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БМЮ	Миллибетова И.С.	01.04.-30.05.16г.	
Эконом. часть	Беканова Г.И.	01.04.-30.05.16г.	
Техн. часть	Сенгалев А.К.	23.02.-25.05.16г.	
Вспом. часть	Евдокимова И.В.	30.05.16г.	

## ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

[illegible]

Дата выдачи задания «    »    20    г.

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Фамилия и инициалы)

Руководитель

(подпись)

(Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению  
студент \_\_\_\_\_

(подпись)

(Фамилия и инициалы)

## **Аннотация**

В данной дипломной работе рассматриваются вопросы организации корпоративной сети АО «Altel» на основе iDirect. Это обусловлено тем, что в условиях развивающегося рынка, как в сфере бизнеса, необходима надежная цифровая сеть связи. Задача проекта – разработать корпоративную сеть между центральным офисом предприятия города Кызылорда и филиалом, находящимся в городе Шиели.

В работе проанализированы перспективы и область применения спутниковых технологий, рассчитываются параметры спутниковых линий.

Рассмотрены вопросы охраны труда, проведены технически – экономические расчеты, подтверждающие эффективность проекта.

## **Андатпа**

Бұл дипломдық жобада iDirect негізінде «Алтел» АҚ-ның корпоративтік желі ұйымдастыруы каралады. Бұл дамушы нарықтардағы, бизнес қажеттілігі де сандық байланыс желісін қамтамасыз фактісі, байланы-сты. Жобаның мақсаты Шиелі қаласында орналасқан филиалымен және компанияның Қызылорда қаласында орналасқан орталық офісі арасында корпоративтік желісін дамыту.

Спутниктік технология келешегін және аясын талдау жұмысы, спутниктік сілтемелер параметрлерді есептеледі.

Экономикалық есептеулер жобаның тиімділігін растау - қауіпсіздік мәселелерін пікір, техникалық өткізді.

## **Abstract**

This diploma work deals with the organization of the corporate network of JSC «Altel» based on iDirect. This is due the fact that in emerging markets, both in business Necessity secure digital communications network. The project's objective - to develop a corporate network between the central office of the enterprise and the city of Kyzylorda branch, located in the city Shieli.

The work in analyzing the prospects and scope of satellite technology, satel-lite links are calculated parameters.

Reviewed safety issues, conducted the technical – economic calculations con-firm the effectiveness of the project

## Содержание

Введение.....	3
1 Системы спутниковой связи.....	4
1.1 Преимущества спутниковой связи перед другими телекоммуникационными системами.....	4
1.2 Обзор искусственных спутников земли.....	5
1.5 Выбор и описание спутниковой системы связи.....	8
1.6 Описание системы iDirect в сравнении с DVB и другими D-TDMA системами.....	8
2 Техническое описание.....	13
2.1 Анализ и выбор оборудования сети iDirect.....	13
2.2 Выбор центральной Земной станции связи (ЦЗС).....	13
2.3 Выбор оборудования удаленных терминалов.....	17
3 Расчетная часть.....	23
3.1 Исходные данные для проектирования.....	23
3.2 Энергетический расчет спутниковой линии.....	25
3.3 Расстояние между передающей и приемной антеннами.....	25
3.4 Затухание энергии сигнала в свободном пространстве.....	26
3.5 Дополнительные ослабления на трассе.....	27
3.6 Расчет шумов.....	29
3.7 Коэффициенты усиления антенн ЗС и КС.....	30
3.8 Расчет мощности передатчиков земной и космической станции.....	31
3.9 Построения диаграммы уровней мощности сигнала на участках «вниз» и «вверх».....	32
3.10 Расчет возможности применения ИСЗ KAZSAT 2.....	32
3.11 Расчет спутниковой линии ИСЗ KAZSAT 2 «вниз» и «вверх».....	33
3.12 Построение диаграммы уровней мощности сигнала на участках «вниз» и «вверх».....	35
4 Безопасность жизнедеятельности .....	35
4.1 Анализ условий труда в используемом помещении.....	35
4.2 Расчет искусственного освещения.....	37
4.3 Организационные меры безопасности при работе с источником ЭМП.....	39
4.4 Расчет зануления.....	41
5 Бизнес план.....	46
5.1 Резюме.....	46
5.2 Компания и отрасль.....	47
5.3 Рынок сбыта.....	48
5.4 Этапы реализации проекта.....	48
5.5 Обоснование выбора и состава оборудования.....	49
5.6 Расчет капитальных вложений и эксплуатационных расходов.....	49
5.7 Расчет доходов от реализации проекта.....	53
5.8 Расчет показателей экономической эффективности.....	54

Заключение.....	57
Перечень принятых сокращений.....	58
Список литературы.....	59
Приложение А Листинг программы Delphi.....	61

## **Введение**

Система радиодоступа и радиорелейное оборудование необходимо для непосредственного предоставления услуг связи, а спутниковая линия - для выхода на прямые каналы связи между городами Кызылорда-Шиели.

Возможность передачи информации с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ) появилась в 1957 г. Успешный вывод на орбиту первых связных ИСЗ в 1960 - 1962 гг. положил начало созданию нового типа линий дальней радиосвязи и послужил основой для развития теории и практики спутниковой радиосвязи.

Таким образом, связь через ИСЗ заняла лидирующее положение среди других видов электросвязи. Это, прежде всего, объясняется высокой пропускной способностью линий спутниковой связи, большой экономической эффективностью передачи информации на большие расстояния, возможностью организации глобальной (всемирной) связи, а также простотой организации новых линий и направлений связи.

Сегодня спутники связи - неотъемлемая часть повседневной жизни и трудно представить нашу деятельность без них. Все страны мира связаны телефонной, телексной и факсимильной связью.

Особое значение развития спутниковой связи имеет для нашей страны, со сравнительно большой территорией и неразвитой инфраструктурой. Только с созданием ССС многие регионы могут получить надежные средства связи с центром и другими районами страны.

На сегодняшний день, вследствие происходящего процесса демонополизации связи в странах СНГ действует множество фирм операторов, работающих через спутники и обеспечивающих соединения внутри выделенной сети. При этом на отечественном рынке и на отечественных сетях появились земные станции западного производства. Некоторые из операторов используют в своей работе емкости спутников международных организаций, таких как Intelsat, что и предлагается использовать в данном проекте.



## **1 Системы спутниковой связи**

Спутниковая связь одна из развивающихся традиционных радиорелейных связей, благодаря перенесения ретранслятора на высокую местность. Поскольку площадь его видимости, в данном случае - почти половина земного шара, потребность в цепочке ретрансляторов исключается - в большинстве случаев хватает одного. Инфракрасный луч модулируется на земной станции, затем, он передается через спутник. Модулированный сигнал усиленный, передается на требуемой частоте также поступает на передающую антенну.

Реле спутники, размещенные на околоземных разных орбитах, тип которых во многом зависит от качества услуг и стоимости его дальнейшего обслуживания. Система с различными задачами могут находиться на разных орбитах: геостационарной, ПЭО, средне-низкий. Для выбора спутниковой связи лучшей системы четко обсудим основные характеристики каждой системы.

### **1.1 Преимущества спутниковой связи перед другими телекоммуникационными системами**

Оптимальным выбором для среды передачи данных будет являться систем а спутниковой связи, основными достоинством итак же преимуществом которой будут являться:

а) Сходство в любом выбранном месте. Спутниковая связь - это единственная технология глобальной телефонии и широкополосного доступа повсеместного введения, она повсюду. Все, что вам нужно сделать - это хорошая видимость неба. Для междугородного и международного бизнеса, этот смысл, это тот же уровень сервиса для всех филиалов и представительств. Управление сетью для передачи необходимых данных намного проще и дешевле, так как все отделения имеет одну точку контакта с различными местными поставщиками наземных услуг также проблематичны демаркации между ними.

б) Огромные сбережения. Спутниковые сети в частности намного дешевле, то есть дешевле эксплуатация, ремонт, техническое обслуживание, обслуживание его эксплуатации, по сравнению с земными. Наземным сетям обязательно требуется очень мощная инфраструктура, независимо от того, какие они есть. Компоненты VSAT значительно дешевле, приводимых в действие также предусматривает низкое потребление электроэнергии, они могут работать, не используя сети электроснабжения, а также обычные панели солнечных батарей.

в) Надежность. По сравнению с наземными, спутниковые сети связи имеют меньше точек, таким образом, они имеют огромную надежность. Простая коммуникационная сеть может обеспечить почти полностью над входом на площадку камеры в любой части местности. В наземных сетях много точек разрушения. Кроме того, имеют низкую степень надежности,

является проблемой при использовании IP-телефонии и широкополосных сетей.

г) Безопасность и конфиденциальность. VSAT сети имеют высокую степень безопасности и конфиденциальности, по сравнению с наземной технологией, ее использование, высокая степень безопасности, когда это необходимо. IP-трафика в Интернете преодолевает множество компьютеров, создавая много точек входа к личной информации. Спутниковая связь создает минимальную пропускную способность для несанкционированного проникновения. Для полной безопасности передачи трафик шифруется.

д) Быстрый ввод в эксплуатацию и монтаж. Может быть развернуто в сотнях отраслей кратчайшие сроки, быстрее, чем время наземной сети. Для установки вам потребуется только один поставщик, так что необходимость взаимодействия между несколькими поставщиками исчезает. Установка может быть сделано, как правило, в течение нескольких часов, независимо от представления местонахождения. Полная установка оборудования может быть сделано в течение короткого периода времени около двух недель.

е) Возможность передачи многоадресной информации. Мощные спутники идеально подходят для передачи больших объемов данных, пусть это будет звуковой файл или видео.

Наземные сети имеют необходимость направлять индивидуальные сообщения как идентичные каждому получателю. Информационные технологии передачи больше абонентов через сеть предотвращает повторную передачу трафика и приводит к оптимальной производительности существующих сетей и серверов, освобождая полосу канала.

## **1.2 Обзор искусственных спутников Земли**

### **1.2.2 Обзор ИСЗ KAZSAT 2**

КазСат - 2 (KAZSAT 2) — космический аппарат фиксированной спутниковой связи Республики Казахстан. Запуск аппарата произведен в 2012 году. Зона обслуживания КА «КазСат - 2» включает всю территорию РК, территорию стран Центральной Азии и центральной части России с неравномерностью не более 3 дБ. Зону покрытия спутника (рисунок 1.2). Технические характеристики спутника SESAT (см. таблица 1.2) [1].

Как считают казахстанские специалисты новый спутник связи решит все проблемы связанные с информационным обеспечением в Республике Казахстан. Для Казахстана аренда зарубежных (не являющихся собственностью казахстанских операторов) спутников связи, обходится очень дорого «КазСат-2» сможет расширить определенный круг информационных услуг, которые так необходимы Республике а именно «КазСат-2» способствует расширению спектра для электронного правительства, интернета и мобильной связи.

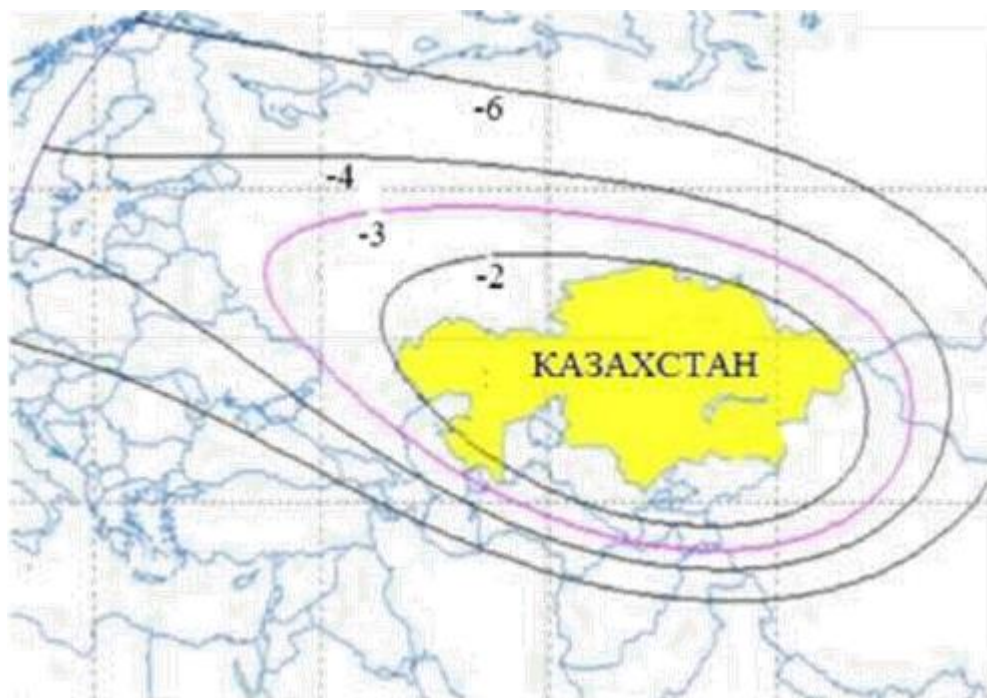


Рисунок 1.2 – Зона обслуживания KazSat-2

Таблица 1. 2 - Технические характеристики спутника KazSat - 2

Параметры	Спецификация
Орбитальная позиция	86,5° в.д.
Количество транспондеров (физическое) Ku - диапазона	20
Количество транспондеров (36 МГц эквивалентное)	30
ЭИИМ в режиме насыщения Ku-диапазона	48/53 дБВт
Диапазон частот приёма лучей Ku	10.95/11.70 ГГц 14/14,5 ГГц
Ширина полосы	54 МГц
Выходная мощность ствола	45 Вт

### 1.2.3 Обзор ИСЗ Intelsat 904

23 февраля 2002 года с космодрома Куру был отправлен Intelsat - 904. Этот запуск имеет важное значение для спутниковых сетей связи также телевидения в Казахстане также России.

Спутники Intelsat-9 разработаны для замены Intelsat - 6 также Intelsat - 7 будут устанавливаться в тех местах, где необходимы также требуются высокие мощности передаваемого сигнала Технические характеристики ИСЗ Intelsat 904 см. в таблице 1.3. Зону покрытия спутника рисунок 1.3 [1].



Рисунок 1.3 - Зона покрытия Intelsat 904 60° в.д., Ku - диапазон

Таблица 1.3 - Технические характеристики ИСЗ Intelsat 904

Параметры	Спецификация
Позиция	60° в.д.
Контрактор	Space system/Loral
Платформа, кг.	1300
Минимально гарантированный срок службы	13 лет
Гарантированная мощность (на конец срока службы)	8 кВт
Количество транспондеров ( в пересчете на эквивалент ширины полосы в 34 МГц)	
С-диапазона	76
Ku-диапазона	22
Поляризация:	
С-диапазон	круговая
Ku-диапазона	линейная
Рабочий диапазон:	
Линия «вверх» С-диапазон	5850-6425 МГц
Линия «вверх» Ku-диапазон	14,00-14,50 ГГц
Линия «вниз» Ku-диапазон	10,95-11,20 ГГц
	11,45-11,70 ГГц
ЭИИМ глобального луча:	
На края зоны покрытия	31,0 дБВт
В центре зоны покрытия	35,8 дБВт
ЭИИМ полу-глобального луча:	
На краю зоны покрытия	37,0 дБВт
В центре зоны покрытия	45,5 дБВт

Продолжение таблицы 1.3

Параметры	Спецификация
ЭИИМ зонального луча:	
На краю зоны покрытия	44,6 дБВт
В центре зоны покрытия	52,6 дБВт
Добротность:	
Глобальный луч	-11,2 — -5,6 дБ/К
Полуглобальный луч	-6,6 — +2,0 дБ/К
Зональный луч	-5,5 — +5,4 дБ/К

Из всех спутниковых систем, применяемых на территории Казахстана, наиболее подходящей является система Intelsat 904. Данные приведенные в таблице будут использованы в расчете.

### 1.3 Выбор и описание спутниковой системы связи

На земле, первыми в разработке также предоставления оборудования являются Gilat Network Systems, Hughes Network Systems, iDirect Technologies также VIASAT.

Системы ViaSat отличаются передовыми техническими решениями, совместимы с открытыми стандартами (DVB-RSC/DOCSIS). В мире развернуто приблизительно 100 сетей на LinkStar. В этих сетях используются около 80 тыс. терминалов.

Типичная топологии сети – «звезда», многоуровневая «звезда» и полно-связанная сеть. Типичный размер сети – несколько сотен терминалов.

Различные платформы, как правило, технологически несовместимы друг с другом и выбрав оборудование одной технологии, мы не сможем подключиться к другой платформе без частичной или полной замены оборудования [3] Проанализировав эти системы, мы остановились на выборе американской компании iDirect Technologies, так как технология iDirect является одной из наиболее эффективных спутниковых систем на рынке VSAT iDirect обеспечивает эффективное использование полосы пропускания, как на спутниковом сегменте, так и на уровне IP-протокола, что позволяет говорить о низкой стоимости эксплуатации системы для поставщика услуг или оператора связи.

### 1.4 Описание системы iDirect в сравнении с DVB и другими D-TDMA системами

Компания iDirect первой в отрасли предложила технологию "TCP/IP поверх спутниковой связи", что обеспечивает эффективное использование полосы пропускания спутника Применение натурального IP транспортного потока в системах iDirect даёт выигрыш в 10 - 50 % по сбережению ёмкости по сравнению с неэффективной схемой DVB MPEG инкапсуляции [4] Одна



центральная станция iDirect (Hub) может обеспечить передачу до 182 Мбит/с через 20 различных транспондеров на 5 различных спутниках.

Для сравнения, центральная станция DVB может обеспечить как максимум передачу 68 Мбит/с только на одном транспондере на одном спутнике. Прямой канал iDirect может быть скоростью всего 128 кбит/с, в то время как в системах DVB эта скорость не может быть менее 2 Мбит/с. Обратный канал системы iDirect может передавать всплески сигнала скоростью до 4,2 Мбит/с, в то время как большинство систем стандарта DVB-RCS могут передавать всплески сигнала немногим более 2 Мбит/с. Как на больших, так и на малых скоростях iDirect обеспечивает больше гибкости, чем любые другие технологии сетей VSAT.

Система предлагает терминала: пользователю гибридное решение - технология D-TDMA и резервирование полосы пропускания (CIR) для передачи мультимедийных потоков. Технология D-TDMA, обеспечивая специальный временной интервал для каждого клиента позволяет удаленные терминалы НЕ терминала: "конкурируют" по доступной пропускной способности, и всегда получить его, когда это необходимо приложению. Удаленный терминал терминала: принимает выделенный временной интервал каждые 1/8 секунды, что позволяет организовать данные в кадре, обеспечивая гарантированное качество непрерывного потока в реальном времени.

Ещё одно из отличий iDirect от других TDMA-систем заключается в использовании более короткого 125 мс фрейма (против 250 мс в альтернативных решениях). Это позволяет достичь минимального времени реакции и обеспечить передачу VoIP/Video повышенного качества. Сверхбыстрая система предоставления канала по требованию, использующая D-TDMA, позволяет использовать ресурс с эффективностью 98 %. Уменьшение защитного интервала между несущими даёт дополнительных 14 % выигрыша по использованию полосы.

MF-TDMA (скачкообразной перестройки частоты) позволяет системе наиболее эффективно использовать пропускную способность для TDMA-доступа. Удаленная станция может быть предоставлена бесплатно полосу частот в любом обратном канале, где она есть в достаточном количестве. Это обеспечивает значительную гибкость при проектировании сети с высокой эффективностью, использующий полосу пропускания спутника, обеспечивая при этом необходимую производительность удаленных станций.

Продукты iDirect разработаны с "нуля" для предоставления широкополосных услуг IP [5]. Учитывая как технические, так и экономические специфики использования ИЗС, продукты iDirect специально оптимизированы для использования космического сегмента. Физический уровень. Все продукты iDirect поддерживают различные схемы модуляции (2, 4 и 8 PSK) и используют исключительно турбо-кодеки (FEC) блочного типа различной производительности, что позволяет им эффективно работать с любыми ИСЗ в любых точках Земли. Использование турбо-кодирования уменьшает необходимость в повторной передаче, что способствует

оптимальному использованию частотного ресурса спутника. Таким образом, при том же уровне мощности оборудование iDirect превосходит оборудование конкурентов по мощности, пропускной способности и коэффициенту BER. Экономия энергии, по сравнению с RSV-системами достигает 41% и снижает общую стоимость и размер антенны, что приводит к тому, что при одних и тех же или лучшими характеристиками оборудования терминала: дешевле. И когда диаметр антенны 1,2 м, мы будем иметь, соответственно, подача электроэнергии перед использованием других платформ.

Небольшой шаг меняет носитель. Любой носитель в системе терминала: можно изменить за шагом 1 кбит / с. Это обеспечивает беспрецедентный диапазон частот экономики. Для сравнения, минимальный шаг, который используется в большинстве конкурирующих систем составляет 128 кбит / с, что часто приводит к неоправданным затратам полосы пропускания.

Минимальный порог скорости прямого канала составляет 128 кбит / с. Это значительно меньше, чем предложения DVB-системы, где значение равно 5 Мбит / с, поэтому, если вы хотите, чтобы обеспечить канал, как в нашем случае, 1 Мбит / с DVB-решение обязывает оплачивать дополнительную пропускную способность канала 4 Мбит / с.

ЦСЗС терминала: построили автоматическое регулирование мощности передатчика функций. Технология использует алгоритмы терминала: автоматически компенсировать влияние погодных условий (дождь, туман) - это решение позволяет максимально эффективного использования спутникового сегмента обеспечение системы множественного доступа в отличие от традиционного подхода, использует принципы случайного доступа (Aloha), и гарантирует отсутствие столкновений в воздухе и максимальной скорости высвобождения и распределения пропускной способности предсказуемости.

Система "не допрашивать" канал - обеспечить быстрое распределение по требованию пропускной способности, каждый терминал сообщает очереди о состоянии линии для передачи информации в выделенном его временный между валом. Этот механизм позволяет загружать спутниковый ресурс только полезен трафик, устраняя необходимость в формировании отдельных каналов или псевдовыделенных "допроса" каналов. Сетевой уровень. Система представляет собой распределенную IP-поглотители маршрута план для поддержки практически неограниченное количество прикладной-правительственных виртуальных сетей IP на базе. Это позволяет создавать независимые сети на основе ИС по одной радиочастотного ресурса.

Одна из основных проблем в передаче / IP связи трафика TCP через спутниковые каналы является прохождение задержки сигнала которая позволяет нам не требовать, чтобы все TCP-сессии доступную полосу пропускания. Встроенная функция ускорения позволяют TCP трафика передал объёмы расширенных специальных данных без установки программного обеспечения на ПК удаления и установки специальных комплексов ускорения взаимодействуют ЦСЗС стороны. Обеспечение

качества обслуживания (QoS). Система основана на QoS классификации по полезной нагрузке на класс обслуживания. Классификация происходит по основаниям, фильтры, которые, анализируя параметры пакетов IP разделяют их по разным очередям. Фильтры в состоянии анализировать любые комбинации следующих:

- номер VLAN;
- IP адреса источника и получателя;
- параметры приоритезации (DSCP, TOS);
- протокол IP (TCP, UDP, ICMP, GRE, IPSec);
- параметры протокола (порты TCP или UDP, команды ICMP и т.д.).

Каждая очередь характеризуется приоритетом (абсолютным или весовым), типом трафика (обычный, реального времени с переменной полосой, реального времени с постоянной полосой) и необходимостью экстренного выделения полосы (выделения CIR).

Как и в любом маршрутизаторе IP, диспетчер передачи пакетов обрабатывает очереди в порядке убывания приоритетов, но так как удаленному модему необходимо получить полосу для передачи трафика, модем передает состояние своих очередей с каждой передачей пакета в сторону ЦСЗС (рисунок 1.4).

Система позволяет передавать несколько пакетов в одном временном интервале, что в случае передачи большого количества небольших пакетов эффективнее использовать спутниковый ресурс.

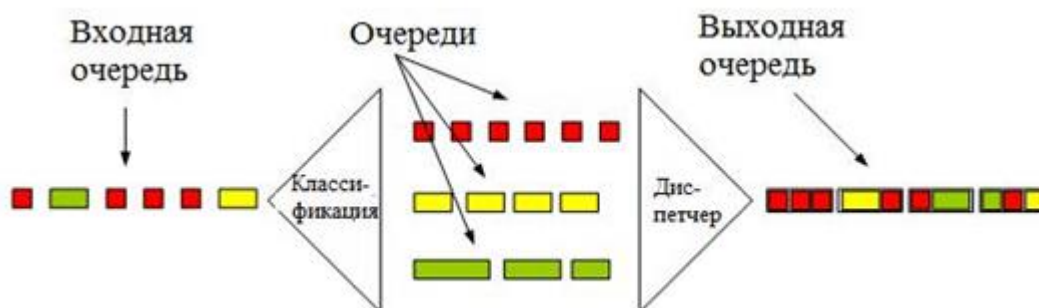
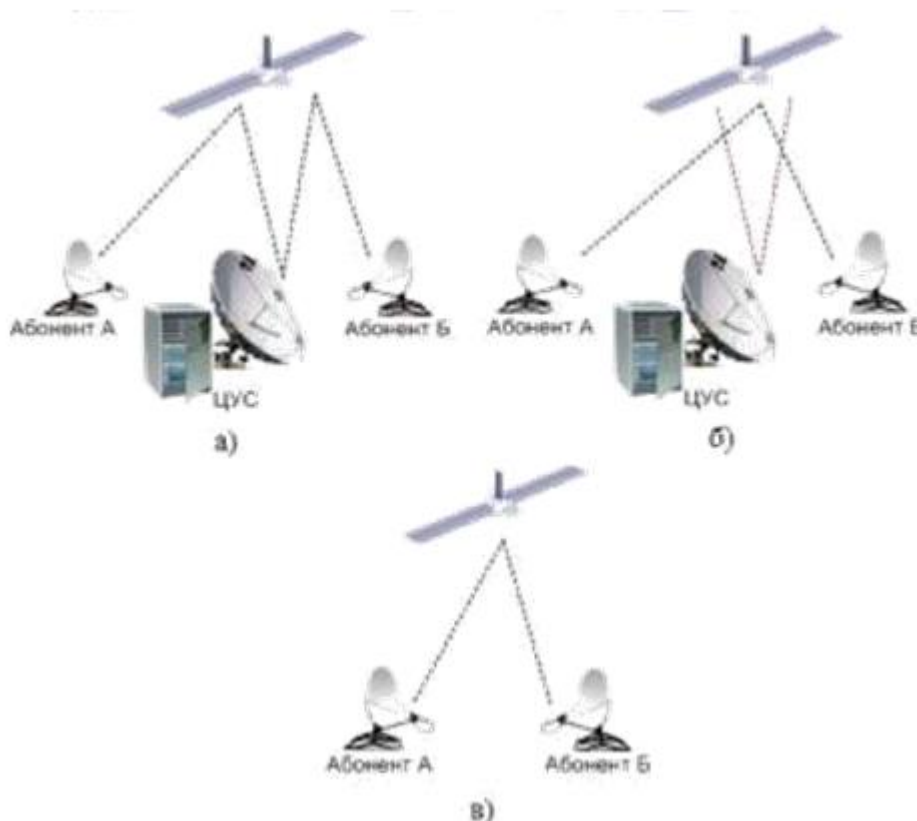


Рисунок 1.4 - Схема классификации и передачи трафика

Топология. Технология iDirect позволяет организовать сети следующих топологий: «полносвязная» («full-mesh»), «звездообразная» («star»), «распределенная звездообразная» (полносвязная сеть с несколькими центрами передачи трафика). В системе могут работать сети различных топологий: «звезда», «звезда/полносвязность» и «полносвязность» (рисунок 1.5).

На базе iDirect реализуется принцип «единая система – все услуги». Простота масштабирования - короткие сроки увеличения/уменьшения пропускной способности канала передачи данных, количество голосовых портов настройка пропускной способности каналов с шагом в 1 бит/с.



а) «звездообразная» топология; б) «полносвязанная» топология в) топология «точка - точка»

Рисунок 1.5 - Топологии iDirect

Использование полностью стандартных СВЧ компонентов с интерфейсом L-диапазона позволяет работать в любых диапазонах, использовать стандартные МШУ, терминалы iDirect обеспечивают подключение абонентских устройств (ЛВС, шлюзы телефонии, системы видеоконференций) по стандартным интерфейсам Ethernet.

Процессоры протоколов являются основной частью системы. В их роль входит сбор данных о требуемой полосе пропускания, формирование расписания занятия интервалов и частот удаленными станциями, обеспечение качества обслуживания, управление линейными платами шасси и удаленными мо-демами, сбор и доставка статистики на систему управления и т.д. В качестве платформы для серверов NMS используются стандартные сервера 1U производства IBM под управлением ОС Linux. Сервера настраиваются на максимальную надежность при помощи как средств ОС Linux, так и аппаратного резервирования основных компонентов. С точки зрения наземной IP-сети, процессоры протоколов (ПП) выглядят как маршрутизатор, поддерживающий протокол динамической маршрутизации RIP-2. ПП пропускают через себя весь трафик, обеспечивая его приоритезацию, ускорение и т.д. Также как и для серверов системы управления, для ПП используются сервера производства IBM и ОС Linux, что обеспечивает

производительность и надежность так как ПП пропускают через себя трафик в случаях построения сетей с большим количеством терминалов (более 1000) возможно потребуется доукомплектовать ЦЗС дополнительными ПП. Это происходит без остановки ЦЗС и без перерыва в обслуживании – просто добавляется еще один сервер, устанавливается ПО и сообщается системе управления, что есть еще один ПП, готовый к обработке трафика. ПП работают в горячем резерве.

При использовании прямого канала DVB, такого как в LinkStar, всегда есть возможность, что осведомленный IT инженер сможет перевести свой ресивер в беспорядочный режим и начнет шпионить за конкурентами. Сделать это в сети iDirect намного сложнее, т.к. у каждого клиента личный диапазон частот и независимое оборудование, потоки данных от разных пользователей могут быть физически изолированы на разных устройствах внутри сети iDirect, в то время как в любой системе LinkStar они перемешаны. Требования к безопасности могут быть смягчены, если кодировать данные в спутниковых каналах. Но здесь возникает новая проблема с сетями LinkStar. LinkStar с кодированием не знаком, а значит придется потратить много денег и времени на установку дополнительного оборудования. Еще хуже то, что кодирование не совместимо с ускорением TCP в сетях LinkStar – чтобы работало кодирование обязательно нужно отключать ускорение TCP. Внешнее шифрующее ПО не позволяет TCP ускорителю «обманывать» IP заголовки. Без ускорения зашиф-рованные каналы LinkStar передают информацию очень медленно, на скорости не более 100 kbps. Для сравнения, сети iDirect смогли примирить кон-фликтующие запросы ускорения TCP и шифрования 3DES – теперь они могут работать одновременно. Только с сети iDirect конечный пользователь может найти как широкополосные скорости, так и гарантированную безопасность.

Низкозатратное расширение сети. С ростом потребностей оператора сети, ЦЗС iDirect позволяет операторам добавлять полосу пропускания гораздо проще, чем при использовании HUB системы DVB-RCS. Расширение прямого канала системы DVB требует покупки полосы в соседней с занимаемой полосой частот. Зачастую, соседние полосы частот оказываются недоступны. Спутниковые операторы пытаются продать всю имеющуюся свободную полосу и обычно они не имеют мотивов оставлять свободные полосы рядом с DVB несущими в надежде, что операторы будут динамично развиваться. При использовании системы iDirect нет необходимости использовать для развития сети соседние к существующим несущим полос частот. В сети на базе системы iDirect возможно экономически оптимально прибавлять полосу из любых диапазонов, где она найдется.

## **2 Техническое описание**

### **2.1 Анализ и выбор оборудования сети iDirect**

#### **2.1.1 Выбор центральной Земной станции связи (ЦЗС)**



Все семейство iDirect будет объединено в рамках единой центральной земной станции спутниковой связи в городе Алматы и находится под управлением и контролем единого центра сетевого управления.

В настоящее время iDirect производит 3 базовые модели ЦСЗС – 5-IF, Private Hub и Mini Hub [4]. Все ЦСЗС iDirect обладают схожей архитектурой. В любом решении выделяются СВЧ часть, серверы процессоров протоколов, серверы системы управления и головной маршрутизатор. Отличие ЦСЗС iDirect заключается в различных возможностях расширяемости, количестве обслуживаемых удаленных терминалов и возможностях резервирования.

ЦСЗС iDirect 5-IF и Private Hub поддерживают работу в режиме «звезда» и в полносвязанном (MESH) режиме, когда терминалы серии 5000 и 7000 передают информацию напрямую друг другу, минуя ЦСЗС. Mini Hub поддерживает только режим «звезда».

Все ЦСЗС поддерживают следующие функции:

- маршрутизация IP;
- полная система обеспечения приоритезации трафика и качества обслуживания;
- сжатие заголовков RTP;
- ускорение потоков TCP;
- Ethernet VLAN;
- передвижные и мобильные удаленные модемы.
- L-band для совместимости с любыми диапазонами и частотами.

Помимо перечисленных, следующие функции доступны на ЦСЗС 5-IF:

- поддержка MF-TDMA;
- создание нескольких сетей с одной ЦСЗС;
- одновременная работа с пятью ИСЗ;
- одновременная работа с несколькими диапазонами;
- одновременная работа на 20 транспондеров;
- создание полностью независимых спутниковых сетей на одном ЦСЗС;
- полностью зарезервированное решение.

ЦСЗС 5IF представляет собой шасси для установки линейных плат (модемов или демодуляторов), с собственным резервированным питанием, резервированными источниками синхронизации 10 МГц и резервированными вентиляторами принудительного охлаждения. Шасси 5-IF снабжено встроенными сплитерами и 5-ю парами входов/выходов, позволяя работать одновременно с разными ИСЗ, диапазонами, транспондерами. Техническая спецификация iDirect 5 iNFINITI см. таблица 2.1[6].

Таблица 2.1-Техническая спецификация iDirect 5 iNFINITI

Параметры	Спецификация
Группы юнитов	Минимальное количество: 4
	Максимальное количество: 20

Продолжение таблицы 2.1

Параметры	Спецификация
Интерфейсы SatCom	5 TxIF: Type-F, 950-1700 MHz
	5 RxIF: Type-F, 950-1700 MHz
	20-1 L-Band Combiner/Divider, Tx
	20-1 L-Band Combiner/Divider, Rx
	5 независимых, 4-1 L-Band Divider Rx
Интерфейсы управления	Консольный порт NetModem RJ45
	10/100 Ethernet
	Резервный Ethernet-порт для Мониторинга/Конфигурации
Индикаторы	Состояние линейной карты
	Индикатор питания
	Состояние вентилятора
Кабельное подключение	20 портов-RJ45
	Коммутационная панель Cat5e
Габариты	W 48.26cm D 55.9cm H 48.3cm
Масса	Пустое шасси: 34,1 кг
	Заполненное шасси: 46,7 кг
Рабочая температура	От 0 до 45 град. С
Электропитание	1+1 резервируемый блок питания с горячей заменой 90-264V~,8A@ 110V, 47-63Hz
Вентилятор	N+1 резервирование (N=2)
	Горячая замена
Стандартизация	UL 1950, EN 60950, FCC Part 15- Class B, EN 55022-Class B, EN 300673, EN 61000-6-2, ISO 7779

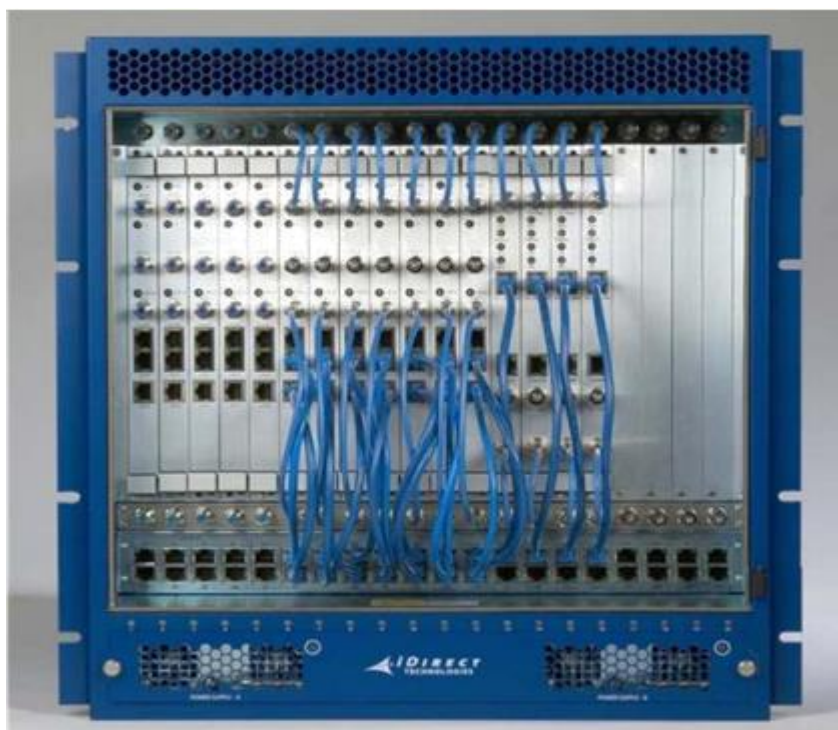


Рисунок 2.1- Внешний вид шасси 5-IF

ЦСЗС Private Hub представляет собой одну резервированную линейную плату модема в отдельном корпусе. PrivateHub позволяет организовывать один прямой и один обратный канал. Это является единственным ограничением решения Private Hub. Доступна возможность модернизации ЦСЗС PrivateHub до 5-IF. Архитектура ЦСЗС Private Hub приведена на рисунке 2.2.

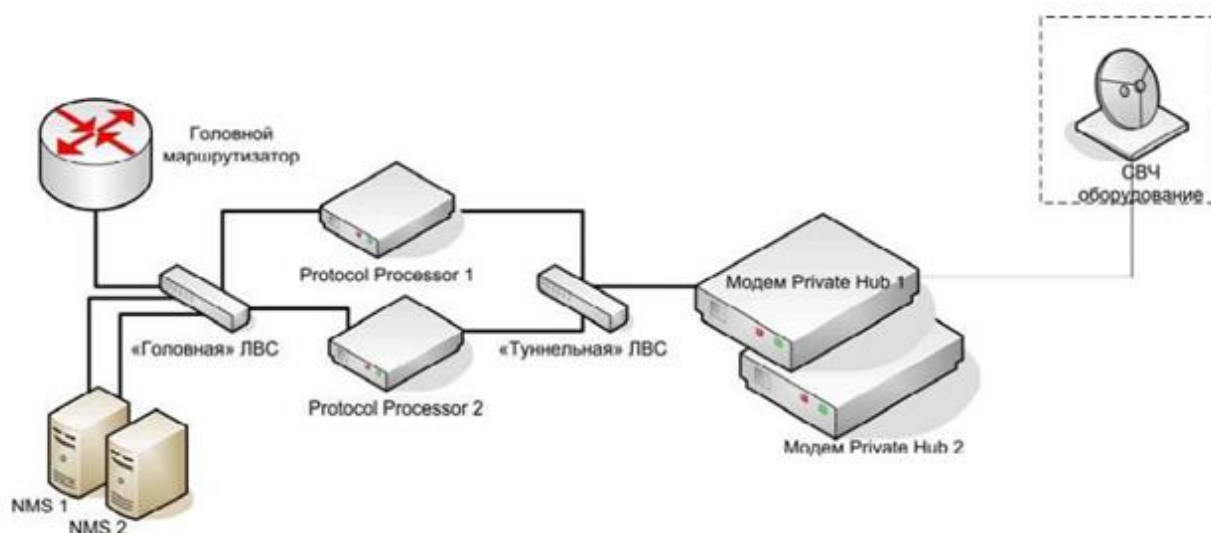


Рисунок 2.2 - Архитектура ЦСЗС Private Hub

Все ЦСЗС обладают схожей архитектурой, отличаясь только количеством модемов и уровнем резервирования. В таблице 2.2 приведены сводные параметры всех ЦСЗС.

Таблица 2.2 - Параметры ЦСЗС производства iDirect

Параметры	5IF	Private Hub	Mini Hub
Топологии сетей	STAR, MESH, SCPC	STAR, MESH	STAR
Количество обратных каналов	До 20 на каждую сеть	1	1
Скорость IP в прямом канале	От 128 Кбит/с до 18Мбит/с		
Скорость IP в обратном канале	От 64 Кбит/с до 8,4 Мбит/с		
Типы модуляции	BPSK, QPSK, 8PSK		
Символьные скорости	От 64 Ксим/с до 11,5 Мсим/с в прямом канале От 64 Ксим/с до 2,875 Мсим/с в обратном канале		
FEC	Turbo 0.879, 0,793, 0.533, 0.431 в прямом канале Turbo 0,793, 0.66, 0.533, 0.431 в обратном канале		

Оптимальным выбором для построения сети будет являться ЦСЗС iDirect 5 iNFINITI.

#### 2.1.2 Выбор оборудования удаленных терминалов.

Линейка удаленных спутниковых маршрутизаторов iDirect (серии 3000, 5000 и 7000) является частью семейства решений, разработанных для удовлетворения коммуникационных потребностей клиентов по всему миру. Обеспечивая разные уровни функциональности в пределах линейки продуктов, компания iDirect предоставляет уникальные возможности по построению сетей заказчиков, либо сетевых сегментов отдельных объектов, согласно специфическим потребностям и условиям. Комбинация гибкости и масштабирования позволяет предоставить все функциональные возможности традиционных широкополосных сетей, но с устранением ограничений, свойственных миру проводной связи.

Спутниковый маршрутизатор iDirect 3000 Series Satellite Router от компании iDirect специально разработан для различных коммуникационных потребностей небольшого регионального офиса в сети IP серия 3000 имеет все аппаратное и программное обеспечение, необходимое для всех важных требований удаленного широкополосного доступа.

Серия iDirect 3000 оптимизирована для удаленного доступа в Интернет, способная обеспечить скорости до 18 Мбит/с нисходящего и до 4.2 Мбит/с восходящего потоков. Серия 3000 может поддерживать все удаленно работающие IP-приложения, включая VoIP (голос поверх IP) и базовые средства передачи видео удаленный спутниковый маршрутизатор серии 3000 является устройством «в одном корпусе», включающем спутниковый модем, IP-маршрутизатор, ускоритель TCP по спутниковому каналу и функции

качества обслуживания (QoS)/приоритезации в простом для развертывания и надежном конструктиве.

На рисунках 2.2 и 2.3 изображен спутниковый маршрутизатор iDirect 3000 Series Satellite Router. Параметры модема (см. таблицы 2.3 – 2.5).



Рисунок 2.3 - Передняя сторона модема iDirect 3000



Рисунок 2.4 - Задняя сторона модема iDirect 3000

Таблица 2.3 - Сетевая конфигурация маршрутизатора iDirect 3000

Параметры	Спецификация
Сетевая топология	Звезда (TDM/DMA с MF-TDMA)
Скорость передачи символов	Настоящий поток: от 64 Кбит/с до 11.5 Мбит/с
Восходящий поток	От 64 Кбит/с до 2.875 Мбит/с
Модуляция Нисходящих поток	QPSK (BPSK, 8PSK)
Восходящий поток	QPSK (BPSK)
Скорость IP-данных	
Нисходящий поток	От 128Кбит/с до 18 Мбит/с
Восходящий поток	От 64 Кбит/с до 4.2 Мбит/с
FEC	
Нисходящий поток	Скорость TPC Rate 0.879, 0.793, 0.533
Восходящий поток	Скорость TPC Rate 0.793, 0.66, 0.533



Спутниковый маршрутизатор iDirect 5000 Series Satellite Router. Спутниковый маршрутизатор iDirect Series 5000 Satellite Router предоставляет все функции для поддержки наиболее требовательных к ресурсам приложений и обладает сетевой мощностью для обеспечения самых жестких требований пользователей к полосе пропускания.

Таблица 2. 4 - Интерфейсы маршрутизатора iDirect 3000

Параметры	Спецификация
SatCom	TxIF: Type-F, 950 - 1700 МГц, общая мощность +7/-35 дБм
	RxFI: Type-F, 950 - 1700 МГц, общая мощность -5/-65 дБм
	TVRO: Type-F, 950 -1700 МГц
Доступна мощность BUC (IFL)	+24 В при 3,2 А
Доступна мощность LNB (IFL)	+19,5 В (номинал)
Интерфейсы данных	ЛС: один 10/100 Ethernet, 802.1q VLAN
	RS-232: RJ45 (для GPS, подключения консоли или позиционирования антенны)
Поддерживаемые протоколы	TCP, UDP, ICMP, IGMP, RIP Ver2, статические маршруты, NAT, DHCP, DHCP Helper, локальное кэширование DNS, cRTP, списки ACL
Формирование трафика	QoS (CBWFQ), мин. по CIR, CIR (статический и динамический)

Таблица 2.5 - Механические характеристики / окружающая среда

Параметры	Спецификация
Параметр	Спецификация
Габаритные размеры	Ш 28,9 см × Г 24,1 см × В 5,1 см
Масса	4,6 кг
Рабочая температура	от 0 до 50 °С на уровне моря от 0 до 45 °С на высоте 3 км
Входное напряжение	100 - 240 В перем. тока (VAC) универсальный ввод, 50 - 60 Гц, 2 А макс. при 100 VAC

Разработанная специально для поддержки критически важных бизнес приложений корпоративных клиентов, серия Series 5000 сочетает гибкость

сетевой платформы с высочайшей в отрасли пропускной способностью TCP/IP. 18 Мбит/с нисходящего потока и 5,57 Мбит/с восходящего потока. Эта огромная емкость по полосе, вместе с сетевой гибкостью оборудования iDirect и качеством обслуживания QoS, позволяет серии 5000 намного превзойти традиционные средства спутниковой связи и работать как расширение наземной сети.



Рисунок 2.5 - Передняя сторона модема iDirect 5000



Рисунок 2.6 - Задняя сторона модема iDirect 5000

Таблица 2.6 - Сетевая конфигурация модема iDirect 5000

Параметры	Спецификация
Параметр	Спецификация
Сетевая топология	Звезда (TDM/DMA с MF-TDMA), SCPC, Star/Mesh
Скорость передачи символов	Нисходящий поток: от 64 Кбит/с до 11,5 Мбит/с
Восходящий поток	от 64 Кбит/с до 5,57 Мбит/с
Модуляция Нисходящий поток	QPSK (BPSK, 8PSK)
Восходящий поток	QPSK (BPSK)
Скорость IP-данных	
Параметр	Спецификация
Нисходящий поток	от 128 Кбит/с до 18 Мбит/с
Восходящий поток	от 64 Кбит/с до 8,4 Мбит/с

*Продолжение таблицы 2.6*

Параметры	Спецификация
Нисходящий поток	скорость TPC Rate 0.879, 0.793, 0.533
Восходящий поток	скорость TPC Rate 0.793 , 0.66, 0.533

Таблица 2.7 – Интерфейсы маршрутизатора iDirect 5000

Параметры	Спецификация
SatCom	TxIF: Type-F, 950 - 1700 МГц, общая мощность +7/-35 дБм
	RxFI: Type-F, 950 - 1700 МГц, общая мощность -5/-65 дБм
	TVRO: Type-F, 950 - 1700 МГц
Доступна мощность BUC (IFL)	+24 В (поддержка 4 Вт Ku- или 5 Вт C-диапазон)
Доступна мощность LNB (IFL)	+19.5 В (номинал)
Опорный сигнал 10 МГц	доступен
Интерфейсы данных	ЛС: один 10/100 Ethernet и 8-портовый 10/100 Switch, 802.1q VLAN, RS-232: RJ45 (для GPS, подключения консоли или позиционирования антенны)
Поддерживаемые протоколы	TCP, UDP, ICMP, IGMP, RIP Ver2, статические маршруты, NAT, DHCP, DHCP Helper, локальное кэширование DNS, cRTP, списки ACL
Формирование трафика	QoS (CBWFQ), CIR ограничение по скорости.

Спутниковый маршрутизатор iDirect серии 7000. Спутниковый маршрутизатор iDirect Series 7000 Satellite Router предоставляет все функции для поддержки наиболее требовательных к ресурсам приложений и обладает сетевой мощностью для обеспечения самых жестких требований пользователей к полосе пропускания. Крупные компании, операторы связи и даже крупные частные заказчики требуют решения, которое отвечает их текущим потребностям и допускают масштабирование для расширения в будущем.

Возможности серии 7000:

- возможность поддержки топологии «Star»;
- поддержка топологии SCPC (дополнительно);
- 8-портовый управляемый коммутатор 10/100 Ethernet;
- возможности топологии «Star/Mesh»;

- встроенное шифрование 3DES/AES;
- PCI слот расширения;

Сетевая конфигурация модема iDirect 7000 аналогична серии 5000 (см. таблица 2.8).

Таблица 2.8 - Интерфейсы маршрутизатора iDirect 7000

Параметры	Спецификация
SatCom	TxIF: Type-F, 950 - 1700 МГц, общая мощность +7/-35 дБм
	RxFI: Type-F, 950 - 1700 МГц, общая мощность -5/-65 дБм
	TVRO: Type-F, 950 - 1700 МГц
Доступна мощность BUC (IFL)	+24 В (поддержка 8 Вт Ku- или 10 Вт C-диапазон) +48 В (поддержка 8 Вт Ku- или 10 Вт C-диапазон)
Доступна мощность LNB (IFL)	+19,5 В (номинал)
Интерфейсы данных	ЛС: один 10/100 Ethernet и 8-портовый 10/100 Switch, 802.1q VLAN, RS-232: RJ45 (для GPS, подключения консоли или позиционирования антенны)
Поддерживаемые протоколы	TCP, UDP, ICMP, IGMP, RIP Ver2, статические маршруты, NAT, DHCP, DHCP Helper, локальное кэширование DNS, sRTP, списки ACL
Формирование трафика	QoS (CBWFQ), мин. по CIR, CIR

Для удобства выбора сведем различающиеся параметры в единую таблицу (см. таблица 2.9):

Таблица 2.9 - Различающиеся параметры маршрутизаторов iDirect

Параметр	3100	5100	5300	7000
Сетевая топология	STAR	STAR, SCPC	STAR, SCPC, MESH	STAR, SCPC, MESH
Скорость передачи символов Восходящий поток	от 64 Кбит/с до 2,875 Мбит/с	от 64 Кбит/с до 5,57 Мбит/с	от 64 Кбит/с до 5,57 Мбит/с	от 64 Кбит/с до 5,57 Мбит/с

Продолжение таблицы 2.9

Параметр	3100	5100	5300	7000
Интерфейсы данных	ЛС: один 10/100 Ethernet, 802.1q VLAN	ЛС: один 10/100 Ethernet и 8-портовый 10/100 Switch, 802.1q VLAN, RS-232: RJ45 (для GPS, подключения консоли или позиционирования антенны)	ЛС: один 10/100 Ethernet и 8-портовый 10/100 Switch, 802.1q VLAN, RS-232: RJ45 (для GPS, подключения консоли или позиционирования антенны)	ЛС: один 10/100 Ethernet и 8-портовый 10/100 Switch, 802.1q VLAN, RS-232: RJ45 (для GPS, подключения консоли или позиционирования антенны)
Доступная мощность BUC (IFL)	+24 В при 3,2 А (номинал, обычно до 5 Вт BUC)	+24 В (поддержка 4 Вт Ku- или 5 Вт C-диапазон)	+24 В (поддержка 4 Вт Ku- или 5 Вт C-диапазон)	+48 В (поддержка 8 Вт Ku- или 10 Вт C-диапазон)
Скорость IP-данных. Восходящий поток	от 64 Кбит/с до 4,2 Мбит/с	от 64 Кбит/с до 8,4 Мбит/с	от 64 Кбит/с до 8,4 Мбит/с	от 64 Кбит/с до 8,4 Мбит/с

Оптимальным выбором для построения сети будет являться маршрутизаторов iDirect 5300.

### 3 Расчетная часть

#### 3.1 Исходные данные для проектирования

Основная особенность спутниковых линий — наличие больших потерь сигнала, обусловленных затуханием его энергии на трассах большой физической протяженности. Так, при высоте орбиты ИСЗ, равной 36 тыс. км., затухание сигнала может достигать 200 дБ [8]. Помимо этого основного затухания в пространстве, сигнал в линиях спутниковой связи подвержен влиянию большого числа других факторов. Таких как поглощение в атмосфере, рефракция, влияние дождевых осадков и т.д. С другой стороны, на приемное устройство спутника и земной станции кроме собственных



флуктуационных шумов воздействуют разного рода помехи в виде излучения космоса, Солнца и планет.

В этих условиях правильный и точный учет влияния всех 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 земной и бортовой аппаратуры. Нормы на некоторые качественные показатели спутниковых каналов (например, отношение сигнал-шум) имеют статистический характер. Это заставляет оценивать возмущающие факторы также статистически, т. е. при расчетах вводить не только количественную меру воздействия того или иного фактора, но и вероятность (частоту) его появления.

Для определения точности выбора оборудования сети передачи данных, я выполню расчет мощности передатчика и приемника на линиях «вверх» и «вниз», при которых спутниковый канал надежно работает в условиях помех и не содержит излишних энергетических запасов.

Так как у нас абонентское оборудование располагается в разных зонах видимости спутника с ЭИИМ от 48,8 дБВ до 52,8 дБВ, рассчитаем линии «вверх» и «вниз» для станций в городах Кызылорда и Шиели.

Исходные данные:

Таблица 3. 1 - Параметры станций в городах Казахстана

Параметр	Кызылорда	Шиели
Диаметр антенны, м	4,6	1,2
Координаты	71 <sup>0</sup> в.д, 51 <sup>0</sup> с.ш.	80 <sup>0</sup> в.д, 44 <sup>0</sup> с.ш.
Эффективная полоса частот, МГц	28	28
$P_c/P_{ш}$ , дБ	15	15
КПД АФТ	0,9	0,9
Коэффициент шума приемника, $K_{ш}$	7	8

Таблица 3.1 - Параметры бортового ретранслятора

Параметр	Величина
Координаты	60 <sup>0</sup> в.д.
Коэффициент усиления антенны, дБ	19
Спектральная плотность мощности, дБВт/Гц	-51
Коэффициент шума приемника	6
Шумовая температура антенны, К	95
Эффективная полоса частот, МГц	5
КПД АФТ	0,9
Коэффициент поверхности антенны	0,7

### 3.2 Энергетический расчет спутниковой линии

Проведем энергетический расчет линии спутниковой связи, состоящей из двух участков Кызылорда - Шиели

Для этих участков справедливы следующие соотношения: Для участка Земля – спутник:

$$P_{пер.з} = \frac{L_0 \cdot L_{доп} \cdot kT_{\Sigma\delta} \cdot \Delta f_{ш.з}}{G_{пер.з} \cdot G_{пр.б} \cdot \eta_{пер.з} \cdot \eta_{пр.б}} \cdot a\left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)_{\Sigma}, \quad (3.1)$$

$$P_{пер.б} = \frac{L_0 \cdot L_{доп} \cdot kT_{\Sigma\delta} \cdot \Delta f_{ш.з}}{G_{пер.б} \cdot G_{пр.з} \cdot \eta_{пер.б} \cdot \eta_{пр.з}} \cdot b\left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)_{\Sigma}, \quad (3.2)$$

где  $L_0$  - затухание энергии сигнала в свободном пространстве;

$L_{доп}$  – дополнительное затухание на трассе;

$k - 1.38 \cdot 10^{-23}$  Вт/Гц·град постоянная Больцмана;

$T_{\Sigma}$  - эквивалентная шумовая температура всей приемной системы с учетом внутренних и внешних шумов;

$\Delta f_{\theta}$  - эквивалентная шумовая полоса приемника;

$G$  – коэффициенты усиления передающей/приемной антенны;

$\eta$  - коэффициент передачи/приема волнового тракта;  $A = 6$ дБ

(3,981) – коэффициент запаса для линии «вверх»;

$b$  - коэффициент запаса для линии «вниз».

### 3.3 Расстояние между передающей и приемной антеннами

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле (3.3)

$$d = 42644 \cdot \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos \psi}, \quad (3.3)$$

где  $\cos \psi = \cos \xi_{ЗС} \cdot \cos \beta$ ;

$\xi$  - широта наземной станции;  $\beta$  - разность долгот спутника и земной станции;

$d$  - расстояние от земной станции до спутника.

Подставляя исходные данные в формулу (3.1), получим: для Кызылорды  $\xi = 51^\circ$  :

$$\beta = 71 - 60 = 11^\circ,$$

$$d_1 = 42644 \cdot \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos 51^\circ \cdot \cos 11^\circ} = 42644 \cdot \sqrt{1 - 0.2954 \cdot 0.6293 \cdot 0.9816} = 38543 \text{ км.}$$

Для Шиели  $\xi = 44^\circ$  :

$$\beta = 80 - 60 = 20^\circ,$$

$$d_2 = 42644 \cdot \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos 44^\circ \cdot \cos 20^\circ} = 38149 \text{ км.}$$

### 3.4 Затухание энергии сигнала в свободном пространстве

Затухание энергии сигнала в свободном пространстве рассчитывается по формуле:

$$L_0 = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2}{\lambda^2}, \quad (3.4)$$

где L - затухание энергии;

d - расстояние между ИСЗ и ЗС;

$\lambda$  - длина волны.

$$\lambda_{\text{верх}} = \frac{c}{f_{\text{верх}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{14 \cdot 10^9} = 0,021 \text{ м,}$$

$$\lambda_{\text{низ}} = \frac{3 \cdot 10^8}{11 \cdot 10^9} = 0,027 \text{ м.}$$

Для Кызылорды:

$$L_{0\text{верх}1} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d_1^2}{\lambda_{\text{верх}}^2},$$

$$L_{0\text{верх}1} = \frac{16 \cdot 3,14^2 \cdot (38543 \cdot 10^3)^2}{0,021^2} = 3,233 \cdot 10^{20} \text{ раз,}$$

$$L_{0\text{низ}2} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d_1^2}{\lambda_{\text{низ}}^2},$$

$$L_{0\text{низ}2} = \frac{16 \cdot 3,14^2 \cdot (38543 \cdot 10^3)^2}{0,027^2} = 5,321 \cdot 10^{20} \text{ раз.}$$

Для Шиели:

$$L_{0\text{верх}1} = \frac{16 \cdot 3,14^2 \cdot (38149 \cdot 10^3)^2}{0,021^2} = 3,150 \cdot 10^{20} \text{ раз,}$$

$$L_{0\text{низ}2} = \frac{16 \cdot 3,14^2 \cdot (38149 \cdot 10^3)^2}{0,027^2} = 5,208 \cdot 10^{20} \text{ раз.}$$

Затухание энергии сигналов в свободном пространстве сведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Затухание энергии сигналов в свободном пространстве

Параметр	Кызылорда	Шиели
Расстояние КС - ЗС, км	38543	38149
«Вверх», дБ	207	207
«Вниз», дБ	205	204,9

### 3.5 Дополнительное ослабление на трассе

В дополнительных потерях сигнала учитываются поглощение в атмосфере (осадки), потери из-за несогласованности поляризации антенн (прибли-зительно 0,9 дБ) и потери из-за рефракции.

$$L_{\text{дон}} = L_A + L_{\Pi} + L_P, \quad (3.5)$$

где  $L_A$  - поглощение в атмосфере;

$L_{\Pi}=0,9$  дБ - потери из-за несогласованности поляризации антенн;

$L_D=0,2$  дБ - потери из-за рефракции.

Расчет ослабления уровня сигнала в атмосфере  $L_A$  :

Затухание в атмосфере без осадков  $L_A$  , определяется главным образом поглощением в тропосфере и имеет ярко выраженный частотно-зависимый характер с резонансными пиками на частотах 22 и 165 ГГц (для водяных паров) и 60 и 120 ГГц (для кислорода). Очевидно, что длина пути радиосигнала в атмосфере зависит не только от эквивалентной толщины атмосферы, но и от угла места антенны земной станции.

Потери энергии радиосигнала в атмосфере без осадков не зависят от времени (имеют место в течение 100 % времени работы радиолинии) и определяются по графикам (рисунок 3.1) в зависимости от частоты радиосигнала и угла места антенны ЗС.

Расчет угла места. Угол места  $\theta$  (угол возвышения) представляет собой угол направленного вверх наклона антенного зеркала (рефлектора) относительно земной поверхности. Угол наклона рефлектора вычисляется по формуле [9]:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{m \cdot \cos(\xi) \cdot \cos(\beta) - 1}{m \sqrt{1 - \cos^2 \xi \cdot \cos^2 \beta}}, \quad (3.6)$$

где  $m = 6,61$  – отношение радиуса геостационарной орбиты к радиусу экватора Земли.

Для станции в городе Кызылорда угол места равен:

$$\theta = \tan^{-1} \cdot \frac{6.61 \cdot \cos(51) \cdot \cos(11) - 1}{6.61 \sqrt{1 - \cos^2 51 \cdot \cos^2 12}} = 30^\circ$$

Для станции в городе Шиели угол места равен:

$$\theta = \tan^{-1} \cdot \frac{6.61 \cdot \cos(44) \cdot \cos(20) - 1}{6.61 \sqrt{1 - \cos^2 44 \cdot \cos^2 20}} = 35^\circ$$

Данные введем в таблицу 3.4:

Таблица 3. 4 - Угол места для станций в городах Казахстана

Параметр	Кызылорда	Шиели
Угол места, $\theta$	$30^\circ$	$35^\circ$

Для заданных исходных данных угол места меняется от  $30^\circ$  до  $35^\circ$ . Т.к. на графиках на рисунке 3.1 нет кривой для получившегося значения угла места, то будем искать для значения угла места равного  $10^\circ$ , тем самым заранее завысив потери энергии радиосигнала в атмосфере без осадков. Однако неточность составит не более 0,1 дБ, следовательно на точность расчёта не повлияет. Найдём  $L_A \uparrow$  для  $f=14$  ГГц и  $L_A \downarrow$  для  $f=11$  ГГц [9].

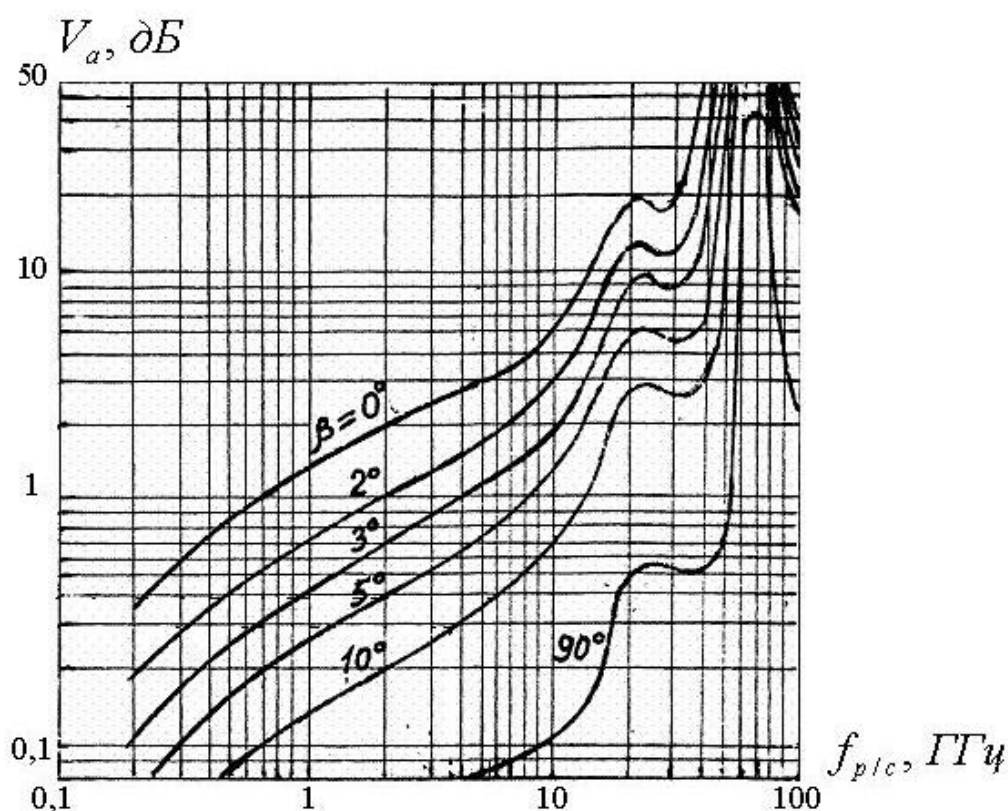


Рисунок 3.1 - Графики для определения затухания радиосигнала в атмосфере

Исходя из рисунка 3.1 имеем  $L_A \uparrow = 0.95$ , дБ,  $L_A \downarrow = 0.8$ , тогда:

$$L_{don1} = 0,95 + 0,9 + 0,2 = 2,05 \text{ дБ (1,603 раз)},$$

$$L_{don2} = 0,8 + 0,9 + 0,2 = 1,9 \text{ дБ (1,549 раз)}.$$

### 3.6 Расчет шумов

При расчете энергетики спутниковых радиолиний важно определить полную мощность шумов, создаваемых на входе приемного устройства спутника и земной станции различными источниками.

Полная эквивалентная шумовая температура приемной системы, состоящей из антенны, волноводного тракта и собственно приемника, пересчитанная ко входу приемника [10]:

$$T_{\Sigma} = T_A + \frac{T_0 (1 - \eta)}{\eta} + \frac{T_{ш}}{\eta}, \quad (3.7)$$

где  $T_A$  - эквивалентная шумовая температура антенны;

$T_0$  - абсолютная температура среды (290 K);

$T_{ш} = (K_{ш} - 1) \cdot T_0$  - собственная шумовая температура приемника, обусловленная его внутренними шумами;

$\eta$  - коэффициент передачи волнового тракта

Для расчета приближенного значения шумов антенны в условиях ясного неба можно воспользоваться выражением (3.8) [9], которое учитывает угол места и диаметр антенны.

$$T_A = 15 + \frac{30}{D_A} + \frac{180}{\theta}, \quad (3.8)$$

где  $D_A$  - диаметр антенны;

$\theta$  - угол места станции.

Для Кызылорды:

$$T_A = 15 + \frac{30}{4,6} + \frac{180}{30} = 27,52 K,$$

$$T_{ш} = (7 - 1) \cdot 290 = 1740 K,$$

$$T_{\Sigma} = 27,52 + 290 \cdot \frac{1 - 0,9}{0,9} + \frac{1740}{0,9} = 1993 K.$$

Для Шиели:

$$T_A = 15 + \frac{30}{1,2} + \frac{180}{35} = 73 K,$$

$$T_{ш} = (8 - 1) \cdot 290 = 2030 K,$$



$$T_{\Sigma} = 73 + 290 \cdot \frac{1-0,9}{0,9} + \frac{2030}{0,9} = 2360K.$$

Данные введем в таблицу 3.5:

Таблица 3. 5 - Суммарная шумовая температура для станций в городах Казахстана

Параметр	Кызылорда	Шиели
Шумовая температура антенны $T_A$ , К	27,52	73
Суммарная шумовая температура приемного тракта $T_{\Sigma}$ , К	1740	2360

Полная эквивалентная шумовая температура приемной системы КС будет равна [10]:

$$T_{ш} = (6 - 1) \cdot 290 = 1450K,$$

$$T_{\Sigma 6} = 60 + 290 \cdot \frac{1-0,9}{0,9} + \frac{1450}{0,9} = 1671K.$$

### 3.7 Коэффициенты усиления антенн ЗС и КС

Коэффициент усиления антенны ( $G_A$ ) возрастает с увеличением действующего размера антенны, который учитывает её эффективность и выражается следующей формулой:

$$G_A = \frac{10 \cdot g \cdot D_A^2}{\lambda^2}, \quad (3.9)$$

где  $g=0,8$  – коэффициент использования поверхности антенны.

Для антенны 4,6 м:

$$G_{Amp} = \frac{10 \cdot 0,8 \cdot 4,6^2}{0,021^2} = 2,276 \cdot 10^5 \text{ раз},$$

$$G_{Amp} = \frac{10 \cdot 0,8 \cdot 4,6^2}{0,027^2} = 3,687 \cdot 10^5 \text{ раз}.$$

Для антенн 1,2 м:

$$G_{Amp} = \frac{10 \cdot 0,8 \cdot 1,2^2}{0,021^2} = 1,549 \cdot 10^4 \text{ раз},$$

$$G_{\text{ант}} = \frac{10 \cdot 0,8 \cdot 1,2^2}{0,027^2} = 2,509 \cdot 10^4 \text{ раз.}$$

Для КС:

$$G_{\text{КСпр}} = 10^{\frac{30}{10}} = 1000 \text{ раз,}$$

$$G_{\text{КСнер}} = 10^{\frac{27}{10}} = 501,187 \text{ раз.}$$

### 3.8 Расчет мощности передатчиков земных и космической станций

Воспользовавшись формулой (3.1), найдем мощность передатчика в городе Кызылорда:

$$P_{\text{пер.КС}} = \frac{5,123 \cdot 10^{20} \cdot 1,603 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 1993 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 3,981 \cdot 31,6}{3,687 \cdot 10^5 \cdot 1000 \cdot 1,23 \cdot 1,23} = 54,147 \text{ Вт,}$$

$$P_{\text{пер.ЗС}} = \frac{3,233 \cdot 10^{20} \cdot 1,549 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 1671 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 1,318 \cdot 31,6}{501,187 \cdot 2,276 \cdot 10^5 \cdot 1,23 \cdot 1,23} = 139,47 \text{ Вт.}$$

Для Шиели:

$$P_{\text{пер.КС}} = \frac{5,208 \cdot 10^{20} \cdot 1,603 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 2360 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 3,981 \cdot 31,6}{2,509 \cdot 10^4 \cdot 1000 \cdot 1,23 \cdot 1,23} = 45,99 \text{ Вт,}$$

$$P_{\text{пер.ЗС}} = \frac{3,150 \cdot 10^{20} \cdot 1,549 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 1671 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 1,318 \cdot 31,6}{501,187 \cdot 1,549 \cdot 10^4 \cdot 1,23 \cdot 1,23} = 199,4 \text{ Вт.}$$

Расчетные данные сведем в таблицу 3.6.

Таблица 3. 6 - Параметры станций расположенных в городах Казахстана

Параметр	Кызылорда	Шиели
Диаметр антенны, м	4,6	1,2
Координаты	71° в.д, 51° с.ш.	80° в.д, 44° с.ш.
Угол места	30°	35°
Расстояние КС-ЗС, км	38543	38149
Затухание энергии сигналов в свободном пространстве		
Для линии «вверх» ЗС-КС, раз	5,123·10 <sup>20</sup>	5,208·10 <sup>20</sup>
Для линии «вниз» КС-ЗС, раз	3,233·10 <sup>20</sup>	3,150·10 <sup>20</sup>
Параметр	Кызылорда	Шиели
Шумовая температура антенны T <sub>A</sub> , К	27,52	73

### Продолжение таблицы 3.6

Параметр	Кызылорда	Шиели
Суммарная шумовая температура приемного тракта, К	1740	2030
Мощность передатчика КС, Вт	54,147	45,99
Мощность передатчика ЗС, Вт	139,47	199,45

Из таблицы 3.6 видно, что спутник KAZSAT 2 в экстренных случаях (таких как выход из строя транспондера, замена ИСЗ Intelsat 904 по истечении срока эксплуатации) можно использовать в качестве резервного.

### 3.9 Построение диаграммы уровней мощности сигнала на участках «вниз» и «вверх»

По полученным в результате расчета данным с помощью программного обеспечения, построим диаграмму уровней мощности (рисунок 3.2).

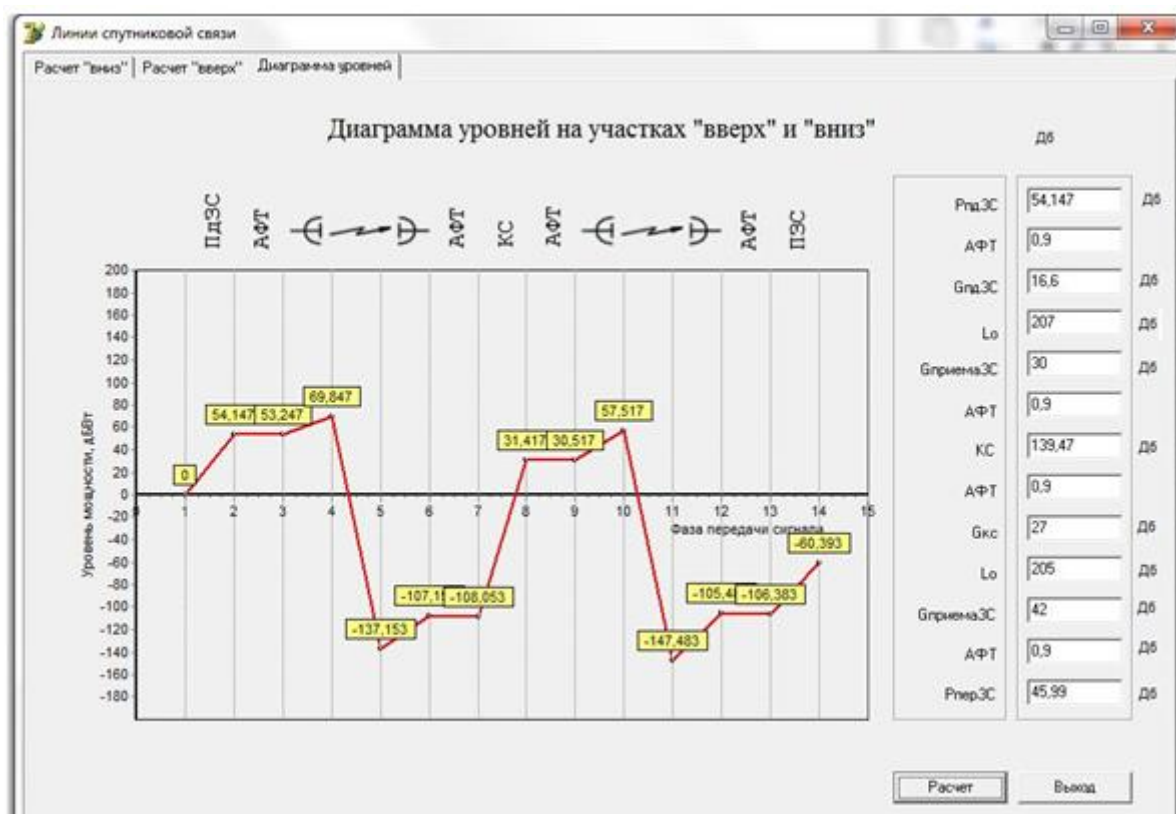


Рисунок 3.2 – Диаграмма уровней на участках «вверх» и «вниз»

### 3.10 Расчет применения ИСЗ KAZSAT 2

Расчет возможности будущего применения ИСЗ KAZSAT 2 выполнен с помощью программного обеспечения (рисунок 3.2-3.4). Листинг программы приведен в Приложении А. Рассчитаем возможность применения в качестве резервного ретранслятора ИСЗ KAZSAT 2, с параметрами ИСЗ, приведенными в таблице 3.7. Параметры ЗС смотри в таблице 3.7.

Таблица 3. 7 - Параметры резервного бортового ретранслятора

Параметр	Величина
Координаты	86,5 <sup>0</sup> в.д.
Диапазон f, ГГц	14/11
Коэффициент усиления антенны прием/передача, дБ	30/27
Шумовая температура антенны, К	60
Коэффициент шума приемника	8
КПД АФТ	0,85
Полоса пропускания стволов, МГц	54

Расчет возможности будущего применения ИСЗ KAZSAT 2 выполнен с помощью программного обеспечения (рисунок 3.2-3.4). Листинг программы приведен в Приложении А. Рассчитаем возможность применения в качестве резервного ретранслятора ИСЗ KAZSAT 2, с параметрами ИСЗ, приведенными в таблице 3.7. Параметры ЗС смотри в таблице 3.7.

### 3.11 Расчет спутниковой линии ИСЗ KAZSAT2 «вниз» и «вверх»

Расчет спутниковой линии ИСЗ KAZSAT2 «вниз» помощью программного обеспечения (рисунок 3.2).

**Линии спутниковой связи**

Расчет "вниз" | Расчет "вверх" | Диаграмма уровней

**Исходные данные**

- Верхняя граница частоты [GHz]: 14
- Нижняя граница частоты [GHz]: 11
- Долгота космической станции [град]: 86,5
- Коэффициент усиления антенны [Db]: 30
- КПД афт кс [Db]: 0,85
- Долгота земной станции [град]: 71
- Широта земной станции [град]: 51
- Диаметр антенны [метр]: 4,6
- Рс/Рш на приеме [Db]: 15
- Коэффициент шума приемника [Db]: 7
- Эффективная полоса частот [MHz]: 28
- КПД афт зс [Db]: 0,9
- Шумовая температура [K]: 27
- Коэффициент поверхности антенны [g]: 0,7

**Результаты вычислений**

- Расстояние между КС и ЗС антеннами [Км]: 38636.03
- Длина волны [метр]: 0.02725
- Ослабление сигнала [Db]: 205.02
- Дополнительное ослабление на трассе [Db]: 1.90
- Собственная шумовая температура приемника [K]: 1740.00
- Суммарная шумовая температура приемного тракта [K]: 1992.56
- Коэффициент усиления антенны ЗС [Db]: 53.00
- Мощность передатчика КС [Вт]: 52.94
- Суммарная мощность шумов на входе приемника [nВт]: 0.77

Расчет | Выход

Рисунок 3.2 - Расчет спутниковой линии «вниз» с помощью программного обеспечения

Расчет спутниковой линии ИСЗ KAZSAT2 «вверх» помощью программного обеспечения (рисунок 3.3).

**Исходные данные**

14	Верхняя граница частоты [GHz]
11	Нижняя граница частоты [GHz]
80	Долгота земной станции [град]
44	Широта земной станции [град]
1,2	Диаметр антенны [метр]
15	Рс/Рп на передаче [Db]
0,9	КПД ант. кс [Db]
86,5	Долгота космической станции [град]
19	Коэффициент усиления антенны [Db]
8	Коэффициент шума приемника [Db]
54	Эффективная полоса частот [MHz]
0,9	КПД ант. кс [Db]
100	Шумовая температура [K]
0,9	Коэффициент потерь антенны [g]

**Результаты вычислений**

37875,77	Расстояние между КС и ЗС антеннами [Km]
6,02141	Длина волны [метр]
205,94	Ослабление сигнала [Db]
1,90	Дополнительное ослабление на трассе [Db]
2030,00	Собственная шумовая температура приемника [K]
2387,78	Суммарная шумовая температура приемного тракта [K]
44,51	Коэффициент усиления антенны ЗС [Db]
88,91	Мощность передатчика КС [Вт]
1,78	Средняя мощность шума на входе приемника [нВт]

Расчет      Выход

Рисунок 3.3 - Расчет спутниковой линии «вверх» с помощью программного обеспечения

Данные, полученные в результате расчета, сведем в таблицу 3.8:

Таблица 3. 8 - Параметры станций расположенных в зоне видимости ИСЗ KAZSAT 2

Параметр	Кызылорда	Шиели
Диаметр антенны, м	4,6	1,2
Координаты	71 <sup>0</sup> в.д, 51 <sup>0</sup> с.ш.	80 <sup>0</sup> в.д, 44 <sup>0</sup> с.ш.
Угол места	21 <sup>0</sup>	14 <sup>0</sup>
Расстояние КС-ЗС, км	38636	37875
Затухание энергии сигналов в свободном пространстве		
Для линии «вверх» ЗС-КС, дБ	207	207
Для линии «вниз» КС-ЗС, дБ	205	205
Шумовая температура приемника, К	1740	2030
Суммарная шумовая температура приемного тракта, К	1992,56	2387,78
Мощность передатчика ЗС, Вт	52,94	88,91
Мощность передатчика КС, Вт	818,42	964,04

### 3.12 Построение диаграммы уровней мощности сигнала на участках «вверх» и «вниз»

По полученным в результате расчета данным с помощью программного обеспечения, построим диаграмму уровней мощности (рисунок 3.4).

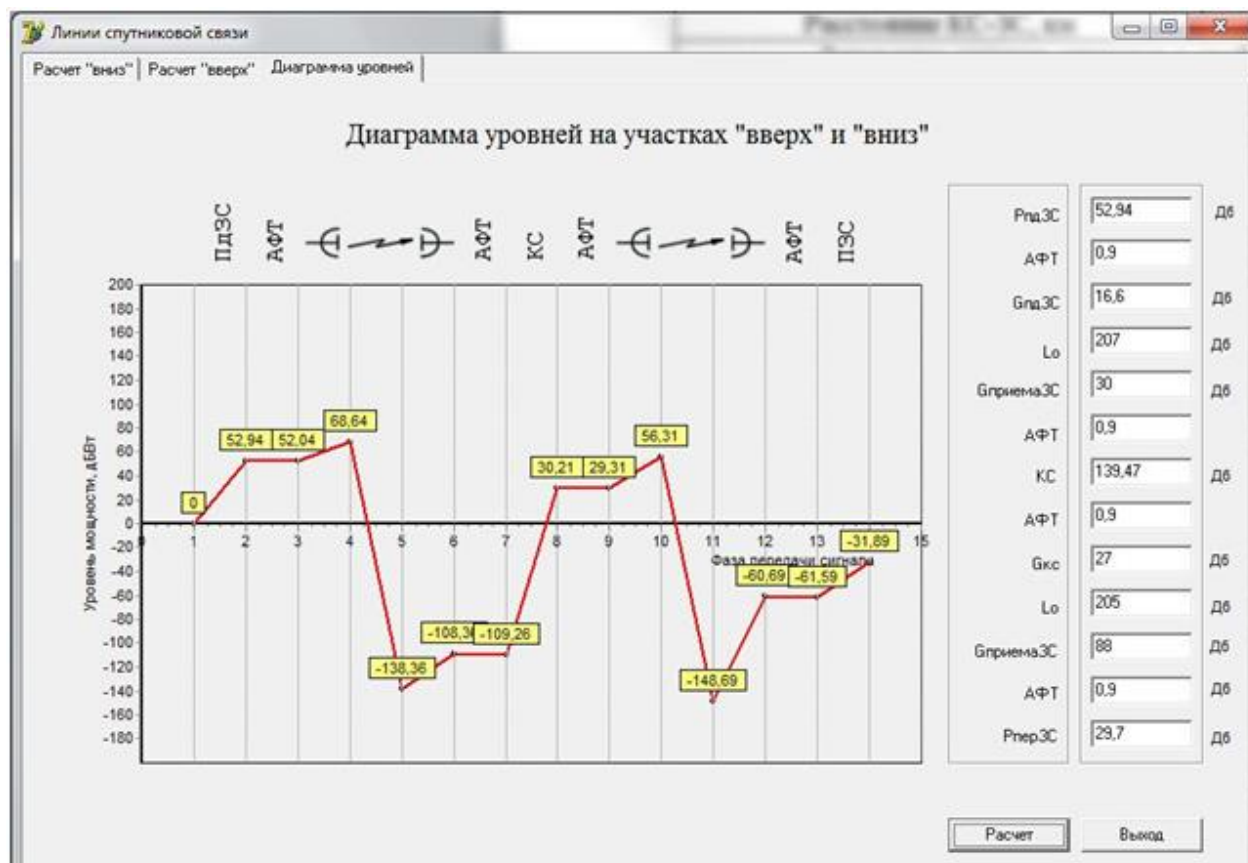


Рисунок 3.4 - Диаграмма уровней на участках «вверх» и «вниз»

## 4 Безопасность жизнедеятельности

В данной выпускной работе на тему: «Построение сетей передачи данных для Таможенного Комитета РК» разрабатывается сеть передачи данных с использованием спутниковой системы. В качестве рабочего зала используется помещение 6х6х3 (м). В помещении должны быть организованы 7 рабочих мест.

В разделе безопасности жизнедеятельности дипломного проекта будут произведены расчет освещения рабочего места оператора, расчет автоматического отключения поврежденного электрооборудования.

### 4.1 Анализ условий труда в используемом помещении

#### 4.1.1 Характеристика помещения.

ЦУС технический персонал состоит из технического директора, замена операторов шесть условий эксплуатации и инженеров пять операционных систем. Дневная смена в помещении ЦУС работает шесть человек,



технический директор, оператор замены служебных обязанностей, четыре инженера операционных систем. В ночную смену в помещении ЦУС работает два дежурного оператора заменяемыми.

Оборудование, используемое для офиса:

В офисе размещены 6 рабочих мест с компьютерами, стойка ЦСЗС.

Системный блок: IntelCore2Quad2.66Ghz, S775, DDRII 3Gb (800)

MhzPQI, GF 8800 512Mb, HDD 500 GbWD, PCI адаптер.

Монитор: 19" Samsung.

Шасси 19": ЦСЗС модемы iDirect 5000.

Источник постоянного тока и напряжения: МПЗ-СТН-800.

Габариты, см: 48,26×55,9×48,3.

Все оборудование изолировано от обычных работников, к нему имеет доступ только специалисты, который проинструктированы по технике безопасности и имеют соответствующий опыт работы.

Таблица 4 . 1 – Основные характеристики операторской

Параметр	Значение		
Расположение	г. Кызылорда		
Параметры помещений	операторская 6×6×3		
Данные по оборудованию	количество	мощность $P_{об}$ , кВт/ч	КПД $\eta$
Компьютер	6 шт.	0,8	0,95
Стойка iDirect 5	1 шт.	0,8	0,95
МПЗ-СТН-800	1 шт.	0,8	0,99
Параметр	Значение		
Число сотрудников	7		
Окна	количество	площадь 1 окна, м <sup>2</sup>	расположение
	2	1,5	С/Ю
Температура, °С	летом		зимой
	25		20

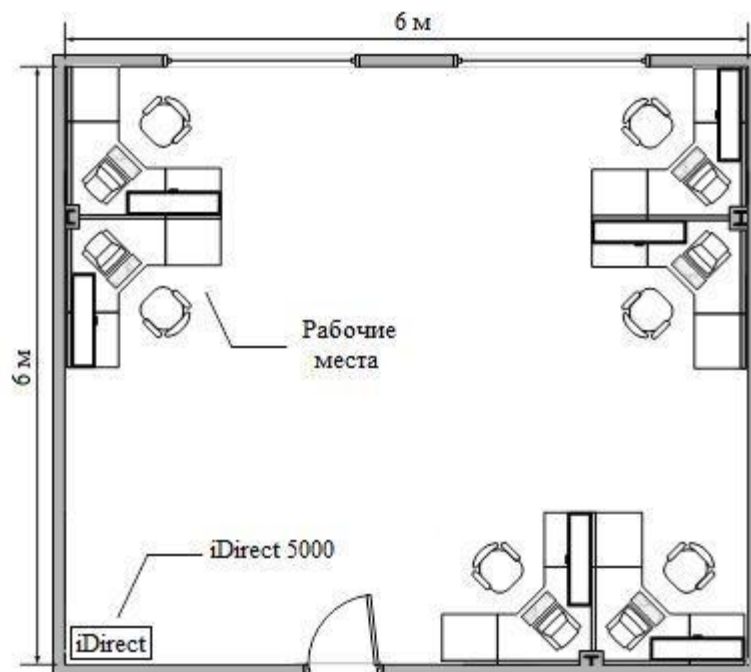


Рисунок 4.1 - План центра управления сетью

#### 4.2 Расчет искусственного освещения

Промышленное освещение нормированные СНиП РК 2.04-05-2002 в зависимости от категории зрительной работы. Для использования в помещениях общего система освещения.

Для того, чтобы обеспечить приемлемое освещение, соответствующее 1 категории зрительной работы, это помещение необходимо рассчитать количество ламп. В связи с тем, что категория зрительной работы 1 г, освещенность должна быть 400 лк. Для того, чтобы гарантировать, что освещение мы будем просить, что потолок оборудован потолочные осветители для общего равномерного освещения (chetyrehlampovye) с люминесцентными лампами типа MDC-80. Помещение имеет следующие размеры: длина = 6 м, ширина В = 6 м, высота Н = 3 м, белый потолок, стена света.

Коэффициенты отражения потолка стен пола, соответственно равны  $\rho_{\text{п}} = 70 \%$ ,  $\rho_{\text{с}} = 50 \%$  и  $\rho_{\text{п}} = 30 \%$ ,

Для данного помещения уровень рабочей поверхности (стол) над полом, и равен 0,75 м ( $h_1$ ).

Определим расстояние между рабочей поверхностью (стол) и потолком:

$$h_p = H - h_1,$$

$$h_p = 3 - 0.75 = 2.25 \text{ м.}$$

У данного типа наивыгоднейшее отношение [11].

$$\lambda = 1.4,$$

где L - расстояние между рядами светильников,  
м.; Н - высота подвеса, м. ;  
h<sub>р</sub> –расчетная высота.

Определим расстояние между рядами светильников:

$$L = h \cdot \lambda,$$

$$L = 1.75 \cdot 1.4 = 2.45 \text{ м},$$

тогда число рядов светильников будет равным 2.

Расстояние между стенами и крайними рядами светильников определяется по следующей формуле:

$$L = 0.3 \cdot L,$$

$$L = 0.3 \cdot 2.45 = 0.7 \text{ м}.$$

С учетом значений  $\rho_{\text{п}} = 70 \%$  и  $\rho_{\text{с}} = 50 \%$ ,  $\rho_{\text{П}} = 30 \%$  где:

$$I = A \cdot B / h \cdot (A+B) \quad (4.0)$$

$$I = 6 \cdot 6 / 2.25 \cdot (6+6) = 1,7$$

тогда, коэффициент использования светового потока равен  $\eta = 0,48$  [12].  
Номинальный световой поток лампы ЛДЦ-80 равен  $F_{\text{л}} = 2720$  лм.  
Следовательно световой поток светильника, равен:

$$F_{\text{св}} = F_{\text{л}} \cdot n, \quad (4.1)$$

где  $n = 4$  - число ламп в светильнике.

$$F_{\text{св}} = 2720 \cdot 4 = 10880 \text{ лм}.$$

Определим необходимое число светильников в ряду по следующей формуле:

$$N = E \cdot K \cdot S \cdot Z / n \cdot F_{\text{св}} \cdot \eta, \quad (4.2)$$

где  $Z = 1,1$ -коэффициент неравномерности освещения;



Ток высокой частоты оборудования, блокированы, двери и другие устройства, которые снижают облучения персонала сверхвысоких частот токов. Двери технические услуги всегда держать закрытыми и обеспечены подписями, запрещающий въезд посторонним лицам.

В помещении, где производится установка, тестирование и эксплуатация СВЧ оборудования разрешается только быть физические лица, связанные с его обслуживанием. При настройке системы и СВЧ-тестовое техник использует средства защиты от поражения электрическим током и с помощью микроволнового излучения. Все изменения в схемах, разборки и сборки частотного тракта и антенно-фидерных устройств и критиканства вы удовлетворяли только при обесточенном состоянии оборудования. Открытый конец волновода или антенны в направлении ее оси при работе в режиме излучения, изучить в крайних случаях, и, конечно, в специальных защитных очках с металлическим покрытием. Световоды разрешается разбирать, собирать и проверять только при выключенном высокочастотном оборудовании. При измерении коэффициента стоячей волны в волноводах и коаксиальных кабелей необходимо использовать эквивалентную антенну [13].

Антенные башни спроектированы и изготовлены в соответствии с техническими мерами по обеспечению безопасности их эксплуатации. Все мачты выше 35 метров представляют собой устройства для подъема альпинистов, а также система освещения сигнала СОМ.

Мачты и башни КПП с размещением оборудования на высоте в каютах или пола оснащены вертикальными лестницами и лифтами. Для технического обслуживания оборудования станции технического персонала должны иметь сертификат на право пользования лифтом и медицинскую комиссию за разрешение допуска к работе на высоте.

Для безопасного подъема лестницы должны иметь обувь с нескользкой подошвой, хлопчатобумажные перчатки и облегающую одежду. Когда подъем группы придерживаться определенной последовательности; другой работник должен подниматься только после закрытия люка на вышерасположенного сайта. Для безопасного подъема и спуска по вертикальной лестнице и лифты разрабатывают специальные инструкции, допускающие строительство мачт и башен.

Работа на антенно-мачтовых сооружений (АМС) должна проводиться не менее двух мачтовниками, один из которых наблюдает.

Перед началом работы на старших изменения усики структур должны осуществлять допуск бригады, ранее выполнение технических мероприятий в соответствии с приказом или вместе.

Для работы на подъемно и замена сигнального освещения мачт светильников выключите выключатель освещения сигнала и повесить его на предупреждение плакат: "Не включайте! работают люди."

Опасная зона вокруг мачты определяется в эксплуатации и ремонте расстоянии от центра мачты, равную одной трети своей высоты.

При работе на мачте, опасная зона отпускают туда, лица только непосредственно связанные с работой, при использовании прямого защитных шлемов и ремней безопасности.

Подъем людей на АМС запрещается:

- при неснятом напряжении свыше 42 В;
- при неблагоприятных условиях погоды (снег, дождь, ветер и т. д.);
- при не пристегнутом к люльке карабине предохранителя пояса;
- в темное время суток;
- на подъемном устройстве, срок очередного испытания которого истек;
- на бракованных канатах [14].

#### **4.4 Расчет зануления**

Монтаж, наладка, испытания, а также последующая работа с установкой производится совместно с источниками питания, измерительными приборами, работающими от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц с глухо-заземленной нейтралью

Для обеспечения электробезопасности при монтаже, наладке и работе с сетью необходимо обратить особое внимание на создание защитных мер от попадания пользователей и обслуживающего персонала под напряжение, для предотвращения электротравматизма при работе с сетью

Все работы, связанные с наладкой и эксплуатацией сети ведутся в помещении, относящемся к категории "без повышенной опасности" поражения электрическим током

В сети с глухозаземленной нейтралью при однофазном замыкании на корпус необходимо обеспечить автоматическое отключение поврежденного электрооборудования. При кратковременном аварийном режиме создается безопасность обслуживания и сохранность электрооборудования. Далее приведем принципиальную схему зануления на рисунке 4.3 [15]

Спроектируем зануление стойки iDirect 5000 с номинальным напряжением 220 В и номинальным током 10 А

Для питания электрооборудования от цеховой силовой сборки используется провод марки АЛП, прокладываемый в стальной трубе. Выбираем сечение алюминиевого провода  $S = 2,5$  мм. Потребитель подключен к третьему участку питающей магистрали.

Первый участок магистрали выполнен четырехжильным кабелем марки АВРЕ с алюминиевыми жилами сечением  $(3 \cdot 50 + 1 \cdot 25)$  мм в полихлорвиниловой оболочке. Длина первого участка – 0,25 км. Участок защищен автоматом А-3110 с комбинированным расщепителем на ток  $I_{ном} = 100$  А.

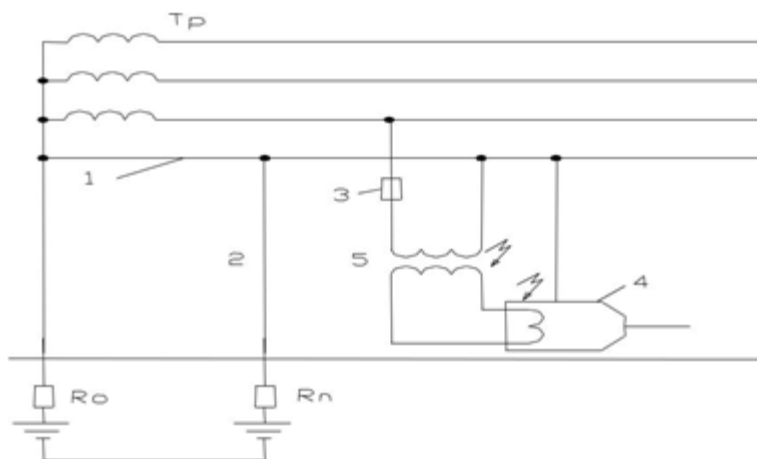


Рисунок 4.3 – Схема зануления электрооборудования

$R_0$  – сопротивление заземления нейтрали;  $R_h$  – расчетное сопротивление человека; 1 – магистраль зануления; 2 – повторное заземление магистрали; 3 – аппарат отключения; 4 – электроустановка; 5 – трансформатор

Второй участок проложен кабелем АВРЕ (3·25+1·10) мм длиной 0,075 км. Участок защищен автоматическим выключателем А-3134 на ток 80 А. Магистраль питается от трансформатора типа ТМ=1000 с первичным напряжением 6 кВ и вторичным 380/220 В мощностью 250 кВА. Третий участок имеет длину 0,3 км.

Магистраль зануления на первых двух участках выполнена четвертой жилой питающего кабеля, на третьем участке – стальной трубой [15].

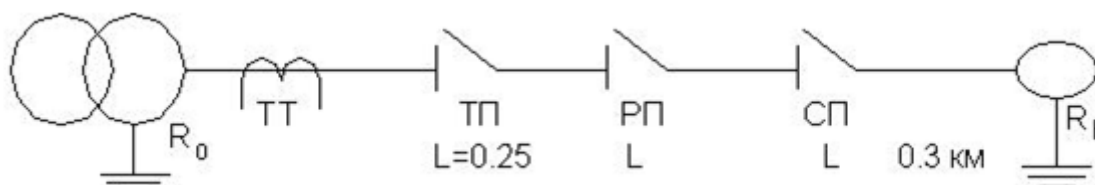


Рисунок 4.2 – Схема питания оборудования

ТТ – трансформатор; ТП – трансформаторная подстанция; РП – распределительный пункт; СП – силовой пункт.

Для защиты используется предохранитель ПР-2. Ток предохранителя [15]:

$$I_{np} = \frac{3 \cdot K_{п} \cdot I_H}{2,5} . \quad (4.3)$$

Подставляя числовые значения в формулу (4.8) получаем:



$$I_{np} = \frac{3 \cdot 10}{2,5} = 12 A,$$

где  $K_n$  - пусковой коэффициент = 0,5...4,0

Выбираем стандартный предохранитель на 15А.

Определим расчетное значение сопротивления трансформатора [15]:

$$Z_{mp} = 0.312 \text{ Ом}.$$

Рассчитаем активное сопротивления фазного провода для каждого из участка [18]:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}, \quad (4.4)$$

где L-длина провода;

S-сечение провода;

$\rho$  -удельное сопротивление материала (для алюминия  $\rho = 0,028$  м·мм<sup>2</sup>/км).

По формуле (4.4) рассчитаем активное сопротивление фазных проводов для трех участков:

$$R_1 = 0.028 \cdot \frac{250}{50} = 0,14 \text{ Ом},$$

$$R_2 = 0.028 \cdot \frac{75}{25} = 0,084 \text{ Ом},$$

$$R_3 = 0.028 \cdot \frac{30}{2,5} = 0,336 \text{ Ом}.$$

Полное активное сопротивление провода:

$$R_{\phi\Sigma} = R_1 + R_2 + R_3 = 0,56 \text{ Ом}.$$

Рассчитаем активное сопротивление фазного провода с учетом температурной поправки, считая нагрев проводов на всех участках равным  $T=55 \text{ C}$  [15]:

$$R_{\phi} = R_{\phi\Sigma} \cdot (1 + a \cdot (T - 20)) = 0,64 \text{ Ом},$$

где  $a = 0,004^{-1}$  град-температурный коэффициент сопротивления алюминия.

Активное сопротивление нулевого защитного проводника:

$$R_{M31} = 0,028 \cdot \frac{250}{50} = 0,28 \text{ Ом},$$

$$R_{M32} = 0,028 \cdot \frac{75}{10} = 0,21 \text{ Ом}.$$

Для трубы из стали:  $\rho = 1,8 \text{ Ом/км}$ :

$$R_{M33} = 1,8 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,054 \text{ Ом}.$$

Таким образом, суммарное сопротивление магистрали зануления равно:

$$R_{M3\Sigma} = R_{M31} + R_{M32} + R_{M33} = 0,544 \text{ Ом}.$$

Определяем внешние индуктивные сопротивления. Для фазового провода:

$$X_{\phi}^1 = X_{\phi M}^1 + X_{\phi L}^1. \quad (4.5)$$

Для магистрали зануления [18]:

$$X_{M3}^1 = X_{M3M}^1 + X_{M3}^1, \quad (4.6)$$

где  $X_{M3}^1$  и  $X_{\phi M}^1$  – индуктивные сопротивления, обусловленные взаимоиנדукцией фазового провода и магистрали зануления;

$X_{M3}$  и  $X_{\phi L}$  – внешние индуктивные сопротивления самоиндукции. Индуктивные сопротивления, обусловленные взаимоиנדукцией фазового провода и магистрали зануления, определяются по формуле [15]:

$$X_{\phi M}^1 = X_{M3M}^1 = 0,145 \lg(d_{\phi M3}), \quad (4.7)$$

где  $d_{\phi M3}$  – расстояние между фазным и нулевым проводом. Рассчитаем значения индуктивных сопротивлений:

$$X_{\phi M1}^1 = X_{M3M1}^1 = 0,145 \lg(15) = 0,17 \text{ Ом},$$

$$X_{\phi M2}^1 = X_{M3M2}^1 = 0,145 \lg(15) = 0,17 \text{ Ом},$$

$$X_{\phi M3}^1 = X_{M3M3}^1 = 0,145 \lg(9,5) = 0,142 \text{ Ом}.$$

Суммарное сопротивление на всех участках:

$$X_{\Sigma \phi M}^1 = X_{M3M1}^1 + X_{M3M2}^1 + X_{M3M3}^1 = 0,482 \text{ Ом}.$$

Внешние индуктивные сопротивления определяются по формуле:

$$X_{\phi L} = X_L^1, \quad (4.20)$$

где  $X_L^1$  – удельное сопротивление самоиндукции, Ом/м.

$$X_{L1}^1 = 0,09 \cdot 0,25 = 0,023 \text{ Ом} / \text{ м},$$

$$X_{L2}^1 = 0,068 \cdot 0,075 = 0,005 \text{ Ом} / \text{ м},$$

$$X_{L3}^1 = 0,03 \cdot 0,03 = 0,0009 \text{ Ом} / \text{ м}.$$

Суммарное внешнее индуктивное сопротивление фазового провода:

$$X_{\phi L} = 0,029 \text{ Ом},$$

$$X_{M3L1} = 0,068 \cdot 0,25 = 0,017 \text{ Ом},$$

$$X_{M3L2} = 0,03 \cdot 0,075 = 0,0025 \text{ Ом},$$

$$X_{M3L3} = 0,138 \cdot 0,03 = 0,004 \text{ Ом}.$$

Суммарное внешнее индуктивное сопротивление магистрали зануления:

$$X_{M3L} = 0,0244 \text{ Ом}.$$

Суммарное внешнее индуктивное сопротивление [15]:

$$X_{\phi 1} = 0,482 - 0,029 = 0,453 \text{ Ом},$$

$$X_{M31} = 0,482 - 0,0244 = 0,458 \text{ Ом}.$$

Определяем внутреннее индуктивное сопротивление:

$$X_{\phi''1-2} = X_{M3''1-2} = 0,057 \cdot 0,075 = 0,001 \text{ Ом},$$

$$X_{\phi''3} = 0,0157 \cdot 0,03 = 0,0005 \text{ Ом}.$$

Полное сопротивление фазного провода и магистрали зануления:

$$Z_{\phi} = 0,78 \text{ Ом},$$

$$Z_{M3} = 0,71 \text{ Ом}.$$

Проверим условие срабатывания [15]:

$$\frac{I_{кз}}{I_{нпв}} = \frac{205}{15} = 13,6$$

Кроме того, должно выполняться условие:  $Z_{M3} < 2 \cdot Z_{\Phi}$  – условие выполняется [16].

В данном разделе дипломной работы были изложены требования к помещению ЦУС. Сделан анализ помещения, в результате которого были произведены расчеты для освещенности на рабочем месте и расчет зануления стойки iDirect.

## **5 Бизнес план**

### **5.1 Резюме**

В настоящее время использование спутниковых систем для передачи информации получает весьма широкое распространение, так как имеет большие перспективы развития и является выгодным капиталовложением.

На сегодняшний день в условиях рыночной конкуренции для более эффективного управления производственными процессами, решения вопросов материально-технического снабжения, отслеживания движений товаров и денежных сумм, необходима надежная, качественная и относительно недорогая связь между всеми подразделениями предприятия независимо от их территориальной удаленности друг от друга. Использование традиционных медных кабелей затруднено в силу различных причин (отсутствие необходимой кабельной емкости, изношенность кабельного хозяйства, несоответствие предъявляемым требованиям со стороны заказчика к качеству линии и т.д.), т.е. возникает так называемая проблема «последней мили», доведение предоставленной услуги до клиента. И если в городах эта проблема как-либо разрешима, то в пригородных и сельских районах она стоит наиболее остро.

Вкладывание финансовых средств в данный проект, способствует развитию спутниковой связи в нашем государстве, в частности высокоскоростной связи за счет использования цифровой спутниковой системы связи.

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

В партнерстве с американской компанией iDirectTechnologies, данная служба предоставит ряд услуг, включающих:

- высокоскоростные магистрали передачи данных между городами Кызылорда-Шиели;
  - предоставление доступа к глобальной сети интернет всем городам.
- Главной целью данного бизнес-плана является анализ экономической

целесообразности внедрения спутниковой сети между городами Кызылорда-Шиели, а также доказательство того, что данный проект является выгодной инвестицией. Бизнес план построен для оператора Алтел, который предоставляет услуги связи в Казахстане.

Реализация бизнес-плана позволит решить следующие задачи:

- удовлетворить потребности департамента РК в телекоммуникационных услугах;
- создать новые источники получения прибыли за счет использования ресурсов данной сети, таких как предоставление выхода в Интернет для других государственных структур РК;
- обеспечить загруженность производственных мощностей.

Для реализации проекта потребуется сумма в размере 34115000 тенге. Общий годовой доход составит 260736000 тенге, прибыль 24613500 тенге, срок окупаемости, с момента ввода в эксплуатацию, составит 1,5 года.

## **5.2 Компания и отрасль**

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

Телекоммуникационный рынок Казахстана представлен рядом компаний, самыми заметными из которых являются национальный оператор связи АО «Казахтелеком», оператор спутниковых сетей связи и телерадиовещания АО «Кателко», оператор спутниковой связи и интернет-провайдер АО «Нурсат», оператор спутниковых и наземных сетей связи АО «Астел», оператор спутниковых сетей фиксированной и подвижной связи АО «ТНС-плюс», оператор энергетических сетей национальная компания KEGOC, оператор наземных и спутниковых сетей связи, интернет-провайдер АО «Арна», оператор спутниковой связи и телевидения ТОО «Жарык», оператор связи нефтегазовой отрасли АО «КазТрансКом», информационное агентство «Хабар». Согласно данным, озвученным представителями «Казкосмоса», 55 % рынка услуг спутниковой связи приходится на долю «Казахтелекома», 12 % рынка занимает «Нурсат», 11 % — «Астел», по 5 % приходится на долю АО «Арна» и АО «КазТрансКом», 4 % занимает оператор интегрированных телекоммуникационных и интернет-услуг, действующий в крупных населенных пунктах России и СНГ «Голден Телеком». «Кателко» и «ТНС-плюс» занимают, по оценкам специалистов, соответственно 3 % и 2 % казахстанского рынка услуг спутниковой связи [17].

Преимуществом сети контроля РК перед ее непосредственными конкурентами будет: применение последних разработок компании

iDirectTechnologies оперативность предоставления услуг, высокое качество обслуживания, доступные цены.

### **5.3 Рынок сбыта**

На сегодня пользователями системы будут являться различные государственные, коммерческие предприятия и службы, в том числе правительственные и коммерческие организации. С каждым днем потребности на услуги передачи данных в Казахстане возрастают. Все больше компаний хотят получить сразу интегрированный пакет услуг, таких как телефония, передача данных и доступ к всемирной сети Интернет. Стабилизация экономического положения Казахстана и рост уровня доходов населения в будущем увеличит число потенциальных клиентов данных услуг.

В настоящее время в Казахстане открывается много крупных иностранных корпораций, совместных предприятий, процветающих местных компаний, а также других клиентов, нуждающихся в качественных услугах связи.

Приведем некоторые причины, по которым клиент обратится в компанию Алтел и будет пользоваться именно ее услугами. Клиенту необходимо объединить информационные ресурсы нескольких офисов (например, обеспечить доступ к общему серверу баз данных и т.д.) и здесь возникают следующие проблемы:

- проводное соединение ограничивает пропускную способность, не позволяя передавать данные со скоростью выше 1 Мбит/с;
- проводное соединение не может обеспечить требуемые надежность и качество передачи информации;
- проводное соединение не гарантирует абсолютную защищенность передаваемой информации от несанкционированного доступа;
- длительность сроков организации связи;
- стоимость организации проводной связи.

### **5.4 Этапы реализации проекта**

Намечены следующие основные этапы реализации проекта:

- создание телекоммуникационной сети связи, включающей в себя земную станцию, взятый в аренду ствол бортового ретранслятора и абонентское оборудование;
- дальнейшее расширение потенциальных возможностей системы, расширение телекоммуникационной сети, осуществление передачи через другие спутники;
- поддержка высокого уровня квалификации обслуживающего персонала, а также поддержка высоких требований к исправности работы бортового ретранслятора и абонентских терминалов.

## 5.5 Обоснование выбора и состава оборудования

Выбор того или иного производителя должен проводиться с учетом множества факторов, основные из них это: пригодность оборудования для реализации данного проекта, используемая технология, совместимость с другим оборудованием, стоимость оборудования. В таблице 5.1 приводятся данные о составе и стоимости оборудования [18].

Таблица 5.1 – Стоимость оборудования

Наименование оборудования	Количество, шт	Стоимость			
		iDirectTechnologies, Система iDirect		Gilat, Система SkyEdge	
		тыс. тенге		--	
		За единицу, тыс. тенге	Общая сумма,	За единицу, тыс. тенге	Общая сумма
НУВ	1	22707.5	22707.5	23440	23440
Центральный компьютер	1	586	586	586	586
ПО iSite	1	127	127	127	127
Приемо-передающая антенна 4,2 м	1	8790	8790	8790	8790
Маршрутизатор	1	1172	1172	1391,75	1391,75
Блок питания	1	146,5	146,5	146,5	146,5
Приемо-передающая антенна 1,2 м	1	586	586	586	586
Итого	-	34115	34115	35067,25	35067,25

При сравнении различных систем спутниковой связи большое преимущество имеет система iDirect, эта система обеспечивает наиболее быстрое и экономичное решение.

Отдельная смета на установку оборудования не выделяется, так как установку оборудования будут осуществлять специалисты компании, предоставляющие оборудование [18].

Итоговая сумма для осуществления данного проекта составляет 34115000 тенге.



## 5.6 Расчет капитальных вложений и эксплуатационных расходов

Капитальные вложения включают в себя [19]:

$$K_{Вл} = K_{Обор} + K_{Транс} + K_{Стр.монт.}, \quad (5.1)$$

где  $K_{Обор}$  – стоимость приобретаемого оборудования для функционирования данной системы связи;

$K_{Транс.}$  – стоимость транспортных расходов за доставку оборудования (5-10% стоимости оборудования);

$K_{Стр.монт.}$  – стоимость строительно-монтажных работ, входит в стоимость оборудования [19].

Определим стоимость транспортных расходов (10 % от стоимости оборудования):

$$K_{Транс} = 0,1 \cdot K_{Обор}, \quad (5.2)$$

$$K_{Транс} = 0,1 \cdot 34115 = 3411,5 \text{ тыс.тг.}$$

Определим сумму капитальных вложений по формуле (5.1):

$$K_{Вл} = 34115 + 3411,5 = 36526,5 \text{ тыс.тг.}$$

Расчет эксплуатационных издержек Текущие затраты на эксплуатацию данной системы связи определяются по формуле [19]:

$$\mathcal{E}_p = \Phi OT + OCH + \mathcal{Z}_{Эл.эн.} + H_p + A_{p.c.} + A, \quad (5.4)$$

где  $\Phi OT$  – фонд оплаты труда;

$OCH$  – отчисления на социальный налог;

$A$  – амортизационные отчисления;

$\mathcal{Z}_{Эл.эн.}$  – затраты на электроэнергию;

$H_p$  – накладные расходы;

$A_{p.c.}$  – арендная стоимость ствола бортового ретранслятора.

Затраты на оплату труда зависят от численности задействованного персонала.

Численность штата устанавливается в соответствии с нормативом численности штата центра космической связи.

Согласно нормативу численность штата службы технической эксплуатации составит 3 человека (должность - инженер) [20].

Численность штата ( $n$ ) на техническое обслуживание станции космической связи.

$$n = \frac{K_c \cdot H}{\text{Ч}} \cdot m, \quad (5.3)$$

где  $K_c = 2$  - количество обслуживаемых станций;

$H$  - норматив трудоемкости на час работы оборудования ( $H = 346$  чел. час. при техническом обслуживании земной станции,  $H = 60$  чел.-час. при техническом обслуживании соединительной цифровой линии,  $H = 32$  чел.-час. при техническом обслуживании контрольной аппаратуры);

$\text{Ч} = 168$  - количество рабочих часов (в месяц) персонала;

$m = 1.06$  - нормативный коэффициент.

Численность штата на техническое обслуживание земной станции рассчитывается по формуле (5.3):

$$n = \frac{2 \cdot 346}{168} \cdot 1,06 = 5 \text{ чел.}$$

Численность штата на техническое обслуживание соединительной цифровой линии рассчитывается по формуле (5.3):

$$n = \frac{2 \cdot 60}{168} \cdot 1,06 = 1 \text{ чел.}$$

Численность штата на техническое обслуживание контрольной аппаратуры рассчитывается по формуле (5.3):

$$n = \frac{2 \cdot 60}{168} \cdot 1,06 = 1 \text{ чел.}$$

Численность персонала, не связанного непосредственно с техническим обслуживанием аппаратуры (должность персонала – инженер), определяем в соответствии с количеством работников, задействованных в работе с техническим оборудованием.

Общая численность сотрудников и заработная плата представлена в таблице 5.2.

Фонд оплаты труда за год составит:

$$\text{ФОТ} = 2540 \cdot 12 = 3048 \text{ тыс. тг.}$$

Отчисления на социальные налог напрямую зависят от фонда оплаты труда. На сегодня действующие нормы отчислений характеризуются следующими данными: социальный налог составляет 11 % от ФОТ [21], за

вычетом отчислений в пенсионный фонд в размере 10 % от фонда оплаты труда.

$$ОСН = 0,11 \cdot (0,9 \cdot \Phi ОТ). \quad (5.5)$$

Таблица 5.2 - Численность сотрудников и зарплаты

Наименование должности	Количество, чел	Зарплата, в месяц 1 чел., тг,	Зарплата итого, тг.
Генеральный директор	1	500000	500000
Финансовый директор	1	300000	300000
Инженер	7	90 000	630 000
Менеджер	5	80 000	400000
Бухгалтер	2	90 000	180 000
Маркетолог	2	90 000	180000
Охрана	4	45 000	180 000
Водитель	2	50 000	100000
Уборщица	2	35 000	70 000
Итого	26	-	2 540 000

Отчисления на социальные налог рассчитывается по формуле (5.5):

$$ОСН = 0,11 \cdot (0,9 \cdot 30480) = 3017,5 \text{ тыс. тг.}$$

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$A = \frac{H_A(\%) \cdot K_{Бл}}{100\%} \cdot , \quad (5.6)$$

где  $H_A$ - норма амортизации (25 %).

$$A = \frac{25 \cdot 34115}{\text{тг. } 100} = 8528,75 \text{ тыс.}$$

Амортизационные отчисления на ПО (норма амортизации 15%) по формуле (5.6):

$$A = \frac{15 \cdot 172}{\text{тг. } 100} = 26,25 \text{ тыс.}$$

Суммарная амортизация составит:

$$A = 8528,75 + 26,25 = 8555 \text{ тыс. тг.}$$

Расходы электроэнергии на оборудование определяются по формуле:

$$Z_{\text{Эл.эн.обор.}} = W \cdot T \cdot S, \quad (5.7)$$

где  $W = 70$  кВт – потребляемая мощность;

$T = 8760$  ч – время работы (т.к. услуга будет предоставляться 24 часа в сутки);

$S$  – тариф (1кВтч - 13тг.).

Расходы электроэнергии на оборудование рассчитываются по формуле (5.7):

$$Z_{\text{Эл.эн.обор.}} = 70 \cdot 8760 \cdot 13 = 7639,5 \text{ тыс. тг.}$$

Средняя мировая цена аренды емкости транспондера составляет около 5000 \$ за 1 МГц в месяц, данная сумма выплачивается ежегодно хозяину спутника, т.е. организации Intelsat. Для организации сети шириной 2,5 Мбит/с, необходимо арендовать полосу шириной 2,5 МГц, следовательно арендная стоимость ствола бортового ретранслятора будет равна:

$$A_{p.c.} = 12 \cdot T_{a.c.} \cdot n, \quad (5.8)$$

где  $T_{a.c.} = 725000$  тг.;

$n$  – ширина арендуемой полосы.

$$A_{p.c.} = 12 \cdot 725000 \cdot 2.5 = 21750 \text{ тыс. тг.}$$

Накладные расходы составят:

$$H_p = 0.75 \cdot \Phi OT, \quad (5.9)$$

$$H_p = 0.75 \cdot 30480 = 22860 \text{ тыс. тг.}$$

Таким образом, годовые эксплуатационные расходы составят:

$$\mathcal{E}_p = 30480 + 3017,5 + 8555 + 7639,5 + 22860 + 21750 = 230766,5 \text{ тыс. тг.}$$

## 5.7 Расчет доходов от реализации проекта

Помимо предоставления выделенных линий для построения корпоративной сети для РК, пропускной способностью прямого канала 1 Мбит/с, сеть iDirect будет предоставлять услуги компаниям пользующимися услугами департамента таможни. В эти услуги включены:

- подключение к наземной инфраструктуре для организации выделенных каналов, корпоративных сетей;
- доступ к сети Интернет.

Рассчитаем годовой доход, который будет получен от пользователей сети iDirect за первый год:

Различные органы государственных структур, к примеру, Налоговый Комитет министерства финансов, управление аппарата акимата, также организуют свои корпоративные сети, связав свои филиалы в г. Тараз используя сеть iDirect. Помимо этого, будет предоставляться доступ к сети Интернет со скоростью прямого канала 512 кбит/с, ежемесячный платеж за предоставление услуги составит 34 тыс.тг. (на 1 станцию). В первый год будет проходить акция, по которой подключение к услуге будет бесплатной.

Тогда плата за эти услуги составит:

$$D_{\text{реал.1}} = M \cdot n_1 \cdot k (T_{\text{пр.юкан.}} + T_{\text{обр.кан.}}) + n_2 \cdot \text{мес} \cdot T_{\text{инт}} \cdot k, \quad (5.10)$$

где  $M=12$  – количество месяцев;

$n_1=2$ -количество компаний организующие свои корпоративные сети;

$k=16$ -количество филиалов;

$T_{\text{пр.юкан.}} = 283$  тыс. тг. ежемесячный платеж за услугу аренды прямого канала (на 1 станцию) [19];  $T_{\text{обр.кан.}} = 187,5$  тыс. тг. Ежемесячный платеж за услугу аренды обратного канала (на 1 станцию);

$n_2=15$ -количество компаний, для которых будет организован выход в Интернет;

$T_{\text{инт}}=26500$  тг.

Подставив данные в формулу (5.10) получим:

$$D_{\text{реал.1}} = 12 \cdot 2 \cdot 16 \cdot (283 + 187,5) + 15 \cdot 12 \cdot 27800 \cdot 16 = 260736 \text{ тыс. тг.}$$

Доходы от реализации услуг в последующие годы будут такими же.

## 5.8 Расчет экономической эффективности

Оценка экономической эффективности инвестиционного проекта производится на основе использования динамических методов, в основе которых положен учет фактора времени.

В основе динамических методов положены следующие показатели:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- индекс доходности;
- дисконтированный срок окупаемости.

- проект признается эффективным если обеспечивается возврат исходной суммы инвестиции и требуемая доходность для инвесторов.

Чистый доход предприятия от реализации инвестиционного проекта рассчитывается по формуле:

$$\text{ЧД}=(\text{Д}-\text{Э}),$$

где Д-выручка от реализации;

Э-издержки затраты

Чистый дисконтированный доход рассчитывается по формуле:

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^4 \frac{PV}{(1 + \alpha)^t} - K,$$

где PV - текущей стоимостр доходов;

$\alpha$  - норма дисконта (12 %);

K - кап вложение;

t - порядковрй номер временного интервала полученного дохода.

Индекс доходности проекта рассчитывается по формуле:

$$\text{PI} = \sum_{t=1}^4 \frac{PV_t}{(1 + \alpha)^t} / K.$$

Дисконтированный срок окупаемости расчитывается по формуле :

$$T = K / \sum_{t=1}^4 \frac{PV}{(1 + \alpha)^t}.$$

Расчетные данные по прогнозу доходов представлены в таблице 5.3.

Срок окупаемости проекта составит:

$$T=34115/15752=2,2 \text{ года.}$$

Индекс рентабельности составит:

$$\text{PI} = 47256/34115=1,39.$$

По полученным результатам экономических показателей и длительности срока окупаемости можно сделать вывод, что внедряемый проект экономически целесообразен и начнет приносить прибыль спустя 2,2 года с момента ввода в эксплуатацию.

Сводные результаты оценки экономической эффективности проекта по организации корпоративной сети в направлении Кызылорда - Шиели представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.3 - Прогноз доходов

Прогноз доходов	0	1	2	3
КАП вложения, тыс. тг.	34115			
Общий доход, $D_{реал}$ , тыс. тг.		260736	260736	260736
эксп. Издержки		230766,5	230766,5	230766,5
Прибыль П, тыс. тг.		24613,5	24613,5	24613,5
КПН		20%	20%	20%
Чистая прибыль		19690	19690	19690
Норма дисконта		0,12	0,12	0,12
Коэффициент дисконта		0,89	0,8	0,71
Дисконтированный доход(PV), тыс. тг.		17524	15752	13980
Дисконтированный доход нарастающим итогом, тыс. тг.		17524	33276	47256
Чистый дисконтный доход (NPV), тыс. тг.		-16591	-839	13141

Таблица 5.4 - Показатели оценки экономической эффективности проекта по организации корпоративной сети в направлении Кызылорда – Шиели

Показатели	Значение
КАП вложения, тыс. тг.	34115
Чистая прибыль, тыс. тг.	19690
Чистый дисконтный доход (NPV), тыс. тг.	13141
Индекс рентабельности	1,39
Дисконтированный срок окупаемости, лет	2,2

Вывод: общая сумма капиталовложения необходимых для реализации проекта составило 34115 тыс. тг., Чистая прибыль равна 19690 тыс. тг, Чистый дисконтный доход 13141 тыс. тг, индекс рентабельности 1,39 и срок окупаемости составил 2,2 года.

## **Заключение**

В дипломной работе произведен выбор оптимальной системы построения корпоративной сети в направлении Кызылорда-Шиели, был обоснован выбор применения разработок американской компании iDirect Technologies.

В технологической части проекта выполнен инженерный энергетический расчет проектируемых линий связи. Результаты, которого показали, что затухание энергии в свободном пространстве для линии «вверх» составляет 207 дБ, а для линии «вниз» 205 дБ. При анализе выбора диаметра антенны ЗС лучше применять антенны с апертурой равной 1,2 м. Так как коэффициент усиления для приема составит 16,1 дБВт, для передачи составит 16,4 дБВт, что достаточно для уверенной передачи данных. Применении выбранного оборудования, и космического ретранслятора Intelsat 904, полученные значения мощностей бортового передатчика и передатчиков Земных станций, при их практическом применении, обеспечат необходимое качество связи на всех участках сети, по всей территории Казахстана.

Помимо этого был произведен расчет, для проверки возможности применения резервного искусственного спутника Земли КазСат-2, в случае выхода из строя ИСЗ Intelsat 904. Результаты показали возможность использования этого спутника на территории Казахстана.

В данной работе рассмотрен вопрос охраны и безопасности труда, сделан анализ помещения, в результате которого были произведены освещенности на рабочем месте, согласно СНиП РК 2.04-05-2002 а также, расчет зануления.

В экономической части составлен бизнес-план, для реализации проекта потребуется сумма в размере 34115000 тенге. Общий годовой доход составит 260736000 тенге, прибыль 24613500 тенге, срок окупаемости, с момента ввода в эксплуатацию, составит 2,2 года, что для местного предприятия является хорошим показателем.



## **Перечень принятых сокращений**

РГП- Республиканское государственное предприятие  
ЦС- центральная станция  
ИСЗ- искусственный спутник Земли  
ПП- процессоры протоколов  
ССС- система спутниковой связи  
ГО- геостационарная орбита  
ЗС- земная станция  
ЭИИМ- эффективно излучаемая изотропная мощность  
РРЛ- радиорелейная линия  
ВОЛС- волоконно-оптической линия связи  
SES- сильно пораженные секунды  
АС- абонентская станция  
ЛЭП- линии электропередачи  
ЭВМ- электронная вычислительная машина  
ПК- персональный компьютер  
ЛДЦ- лампы дневного света правильной цветопередачи  
СНиП- санитарные нормы и правил.

## Список литературы

- 1 Кульчинский В.И. Справочник для всех пользователей сети по тематике спутникового приема. Личный сайт Кульчинский В.И. <http://sat-media.net/map/map.htm>
- 2 Решетников А.А. Развитие Спутниковых Систем Связи // Развитие Спутниковых Систем Связи. 2010. - № 1. Сайт «Развитие Спутниковых Систем Связи». [www.p3c.ru/platform\\_hughesnet\\_vsats](http://www.p3c.ru/platform_hughesnet_vsats)
- 3 Небогин А.В. Анализ технических возможностей спутниковых систем. Официальный сайт интернет-магазина «Магазин Gpstrade». <http://gpstrade.ru/contacts.shtml>
- 4 Jefferson S.T. iDirect Technologies. – U.S.: iDirect inc., 2005.
- 5 Маржикова К.Е. Продукты iDirect // KAZENERGY. – 2008. - № 6 – С. 16-28. Сайт Kaztranscom. <http://www.kaztranscom.kz/company/press/2008>
- 6 Manual iDirect's Broadband VSAT Network System. Официальный сайт компании iDirect. <http://www.idirect.net/Products/Hardware/Hubs-and-Line-Cards/Series-12000-Universal-Satellite-Hub.aspx>
- 7 Кантор Л.Я., Тимофеев В.В. Спутниковая связь и проблема геостационарной орбиты. - М.: Радио и связь, 2002.
- 8 Бородич С.В. ЭМС наземных и космических радиослужб. Критерии, условия и расчет. - М.: Радио и связь, 2009.
- 9 Суисси С. Методика оценки уровня ослабления сигнала на входе приемника наземной станции спутниковых каналов связи. – Донецк: КИТА, 2005. - 147 с.
- 10 Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Спутниковые и радиорелейные системы передачи». – Алмата: АИЭС, 2004.-28 с.
- 11 Баклашов Н. И. и др. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды: Учебник для вузов/Н. И. Баклашов, Н. Ж. Китаева, Б. Д. Терехов. — М.: Радио и связь, 1989 – 321 с.
- 12 Государственные стандарты РК. СНИП РК 2.04-05-2002 «Естественное и искусственное освещение».
- 13 Лебедев В.М., Воронкова Е.Р. Излучения радиоволнового диапазона. – М.: Высшая школа, 1987. – 281 с.
- 14 Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. - М.: Энергия, 1984. -448 с.
- 15 Латышев В.И. Расчет зануления на отключающую способность: Методические указания для вузов ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2002.
- 16 ГОСТ 12.1.030-81.ССБТ Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.2010 г.
- 17 Ем Е.А. Тенденции становления и развития рынка телекоммуникационных услуг РК // Мониторинг СМИ. - 2011. № 5.- С. 24-28
- 18 Прайс-лист компании ГК «Сервис-Инфо». Сайт компании ГК «Сервис-Инфо». <http://servis-info.ruprom.net/price-id12249-g3.html>

- 19 Куатова Д.Я. «Экономика предприятия» «Экономика», 2011 г.
- 20 Аманбаев У.А. «Экономика предприятия». - Алматы: 2012 г.
- 21 Базылов К.Б., Бабич А.А. Методические указания к выполнению для экономической части выпускной работы. – Алматы: АИЭС, 2009.
- 22 Нормативы численности производственного штата объединения «Дальняя связь» // ОАО «Каактелеком». – Тараз: Казахтелеком, 2003.

## Приложение А

### Листинг программы Delphi

```
unit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
  Forms,
  Dialogs, StdCtrls, Math, ComCtrls, TeEngine, Series, ExtCtrls, TeeProcs, Chart;
type
TForm1 = class(TForm) PageControl1:
  TPageControl; TabSheet1:
  TTabSheet; TabSheet2: TTabSheet;
  TabSheet3: TTabSheet; Edit1: TEdit;
  Edit2: PEdit; PLabel:
  PLabe; PLabel: PLabe;
  Edit3: PEdit; PLabel:
  PLabe; Edit4: PEdit;
  Label: PLabe; Edit5:
  PEdit; Label
  PLabe; Edit6: PEdit;
  Edit7: PEdit; Edit8:
  PEdit; Edit9: PEdit;
  Edit10: PEdit; Edit11:
  PEdit; Edit12: PEdit;
  Edit13: TEdit; Label:
  PLabe; Label: PLabe;
  Label: PLabe; Label:
  PLabe;
  Label10: PLabel;
  Label11: PLabel;
  Label12: PLabel;
  Label13: PLabel;
  Edit14: PEdit;
  Label14: PLabel;
  Button2: PButton;
  Edit15: PEdit;
  Label15: PLabel;
  Label16: PLabel;
  Edit16: PEdit;
```

*Продолжение приложения А*

Edit17: PEdit;  
Label17: PLabel;  
Edit18: PEdit;  
Label18: PLabel;  
Edit19: PEdit;  
Label19: PLabel;  
Edit20: PEdit;  
Label20: PLabel;  
Edit21: PEdit;  
Edit22: PEdit;  
Edit23: PEdit;  
Edit24: PEdit;  
Label24: PLabel;  
Edit25: PEdit;  
Label25: PLabel;  
Edit26: PEdit;  
Label29: PLabel;  
Label26: PLabel;  
Label27: PLabel;  
Label21: PLabel;  
Button1: PButton;  
Edit27: PEdit;  
Label22: PLabel;  
Edit28: PEdit;  
Label23: PLabel;  
Chart1: PChart;  
Series1: PLineSeries;  
Bevel1: PBevel;  
Bevel2: PBevel;  
Bevel3: PBevel;  
Bevel4: PBevel;  
Bevel5: PBevel;  
Bevel6: PBevel;  
Edit29: PEdit;  
Edit30: PEdit;  
Edit31: PEdit;  
Edit32: PEdit;  
Edit33: PEdit;  
Edit34: PEdit;

Edit35: PEdit;  
Edit36: PEdit;  
Edit37: PEdit;  
Edit38: PEdit;  
Edit39: PEdit;  
Edit40: PEdit;  
Edit41: PEdit;  
Edit42: PEdit;  
Edit43: PEdit;  
Edit44: PEdit;  
Edit45: PEdit;  
Edit46: PEdit;  
Label28: PLabel;  
Label30: PLabel;  
Label31: PLabel;  
Label32: PLabel;  
Label33: PLabel;  
Label34: PLabel;  
Label35: PLabel;  
Label36: PLabel;  
Label37: PLabel;  
Label38: PLabel;  
Label39: PLabel;  
Label40: PLabel;  
Label41: PLabel;  
Label42: PLabel;  
Label43: PLabel;  
Label44: PLabel;  
Label45: PLabel;  
Label46: PLabel;  
Bevel7: PBevel;  
Bevel8: PBevel;  
Image1: PImage;  
Label47: PLabel;  
Label48: PLabel;  
Label49: PLabel;  
Label50: PLabel;  
Label51: PLabel;

*Продолжение приложения А*

```
Label52: PLabel;
procedure Button2Click(Sender: PObject); procedure Button1Click(Sender:
PObject); procedure FormCreate(Sender: PObject);
private
  { Private declarations } public
  { Public declarations } end;

var
Form1: PForm1;
mass : array [1..12] of double; currentPos : double;
k : double;

d : double; longitudeSS : double; longitudeES :
double; latitudeES : double;

lambda : double; lowFrequency : double;
highFrequency : double; L0Low : double;

i : integer;

Ldop : double;
Psum : double; Pa :
double; nES : double; nSS
: double; Tsh :

double; Ksh : double;

GES : double; g : double;
Da : double;
PSS : double;

GPRD : double;
Dfsh : double;
PsPsh : double;
Kua : double;

Psh : double;

temp: string;
```

*Продолжение приложения А*

```
const
RAD = 0.017453292;    //Перевод в радианы
c = 299792458;        //Скорость света м/с в вакууме
Pi = 3.141592654;    //Значение Пи
T0 = 290;             //Начальная температура
b = 1.318256;         //Коэффициент запаса для линии "вниз" в Герцах
a = 3.9811;           //Коэффициент запаса для линии "вверх" в Герцах

implementation {$R

*.dfm}

function DbToDouble (value: double): double; begin
    Result := exp((value/10)*ln(10)); end;
    function DoubleToDb (value: double): double;
begin
    Result := 10*Log10(value); end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
    Application.Terminate;
end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin

k := 1.3806504*power(10,-23);           //Постоянная Больцмана

longitudeSS    :=    StrToFloat(Edit3.Text);
longitudeES    :=    StrToFloat(Edit6.Text);
latitudeES := StrToFloat(Edit7.Text);
lowFrequency    :=    StrToFloat(Edit2.Text)*power(10,9);
highFrequency := StrToFloat(Edit1.Text)*power(10,9); Ksh
:= StrToFloat(Edit10.Text);
Ta := StrToFloat(Edit13.Text);
nES := StrToFloat(Edit12.Text);
nSS := StrToFloat(Edit5.Text);
g := StrToFloat(Edit14.Text);
Da := StrToFloat(Edit8.Text);
```



*Продолжение приложения А*

```
Dfsh := StrToFloat(Edit11.Text)*power(10,6); PsPsh
:= StrToFloat(Edit9.Text);
Kua := StrToFloat(Edit4.Text);

//Расчет 2.2.1.1
      d := 42644*sqrt(1 - 0.2954*cos(latitudeES*RAD)*cos((longitudeES - longi-
tudeSS)*RAD)); //Результат в километрах!
//ShowMessage(FloatToStr(dLow));

//Расчет 2.2.1.2
lambda := c/lowFrequency;
L0Low := 16*sqr(d*Pi*1000)/sqr(lambda);
//ShowMessage(FloatToStr(L0Low));
//Расчет 2.2.1.3
Ldop := 1.55; //В Герцах!

//Расчет 2.2.1.4
Tsh := (Ksh - 1)*T0;
Tsum := Ta + T0*(1 - nES)/nES + Tsh/nES;
//ShowMessage(FloatToStr(Tsum));

//Расчет 2.2.1.5
GES := 10*g*sqr(Da)/sqr(lambda);
//ShowMessage(FloatToStr(GES));

//Расчет 2.2.1.6
GPRD := DbToDouble(Kua);

PSS:=
(L0Low*Ldop*k*Tsum*Dfsh*b*DbToDouble(PsPsh))/(GPRD*GES*DbToDouble
(nES)*DbToDouble(nSS));
//ShowMessage(FloatToStr(PSS));

//Расчет 2.2.1.7
Psh := k*Tsum*Dfsh;
//ShowMessage(FloatToStr(Psh));

//Вывод результатов
Str(d:0:2, temp);
```

*Продолжение приложения А*

```
Edit29.Text := temp;//км Расстояние между КС и ЗС антеннами
Str(lambda:0:5, temp);
Edit30.Text := temp; //Метры Длина волны
Str(DoubleToDb(L0Low):0:2, temp); Edit31.Text :=
temp;//В дБ Ослабление сигнала
Str(DoubleToDb(LDop):0:2, temp);
Edit32.Text := temp;//В дБ Дополнительное ослабление на трассе
Str(Tsh:0:2, temp);
    Edit33.Text := temp;//В Кельвинах Собственная шумовая температура
приемника
Str(Tsum:0:2, temp);
    Edit34.Text := temp;//В Кельвинах Суммарная шумовая температура при-
емного тракта
Str(DoubleToDb(GES):0:2, temp);
Edit35.Text := temp;//В дБ Коэффициент усиления антенны ЗС
Str(PSS:0:2, temp);
Edit36.Text := temp;//В Вт Мощность передатчика КС
Str(Psh*power(10,12):0:2, temp);
    Edit37.Text := temp;//В пВт суммарная мощность шумов на входе при-
емника
```

//Расчет 2.2.2 -----

```
longitudeSS    :=    StrToFloat(Edit22.Text);
longitudeES    :=    StrToFloat(Edit17.Text);
latitudeES := StrToFloat(Edit18.Text);
lowFrequency   :=    StrToFloat(Edit16.Text)*power(10,9);
highFrequency := StrToFloat(Edit15.Text)*power(10,9); Ksh
:= StrToFloat(Edit24.Text);
Ta := StrToFloat(Edit27.Text);
nES := StrToFloat(Edit21.Text);
nSS := StrToFloat(Edit26.Text); g :=
StrToFloat(Edit28.Text); Da :=
StrToFloat(Edit19.Text);
Dfsh := StrToFloat(Edit25.Text)*power(10,6); PsPsh
:= StrToFloat(Edit20.Text);
Kua := StrToFloat(Edit23.Text);
```

*Продолжение приложения А*

//Расчет 2.2.2.1

$d := 42644 * \sqrt{1 - 0.2954 * \cos(\text{latitudeES} * \text{RAD}) * \cos((\text{longitudeES} - \text{longitudeSS}) * \text{RAD})}$ ; //Результат в километрах!

//ShowMessage(FloatToStr(d));

//Расчет 2.2.2.2

$\lambda := c / \text{highFrequency}$ ;

$L0Low := 16 * \sqrt{d * \pi * 1000} / \sqrt{\lambda}$ ;

//ShowMessage(FloatToStr(L0Low));

//Расчет 2.2.3.4

$T_{sh} := (K_{sh} - 1) * T_0$ ;

$T_{sum} := T_a + T_0 * (1 - n_{SS}) / n_{SS} + T_{sh} / n_{SS}$ ; 83

//ShowMessage(FloatToStr(Tsum));

//Расчет 2.2.2.5

$GES := 10 * g * \sqrt{D_a} / \sqrt{\lambda}$ ;

//ShowMessage(FloatToStr(GES));

//Расчет 2.2.2.6

$GPRD := DbToDouble(K_{ua})$ ;

$PSS := 1.604 * \text{power}(10, 20) * 1.55 * 1.38 * \text{power}(10, -23) * 2382.8 * 36 * 1000000 * 3.98 * 31.6 / (1587301.59 * 79.43 * 1.24 * 1.23)$ ;

$PSS :=$

$(L0Low * L_{dop} * k * T_{sum} * D_{fsh} * a * DbToDouble(P_{sPsh})) / (GPRD * GES * DbToDouble(n_{ES}) * DbToDouble(n_{SS}))$ ;

//ShowMessage(FloatToStr(PSS));

//Расчет 2.2.2.7

$P_{sh} := k * T_{sum} * D_{fsh}$ ;

//ShowMessage(FloatToStr(Psh));

//Вывод результатов

$\text{Str}(d:0:2, \text{temp})$ ;

$\text{Edit38.Text} := \text{temp}$ ; //км Расстояние между КС и ЗС антеннами

$\text{Str}(\lambda:0:5, \text{temp})$ ;

*Продолжение приложения А*

```
Edit39.Text := temp; //Метры Длина волны
Str(DoubleToDb(L0Low):0:2, temp); Edit40.Text :=
temp; //В дБ Ослабление сигнала
Str(DoubleToDb(LDop):0:2, temp);
Edit41.Text := temp; //В дБ Дополнительное ослабление на трассе
Str(Tsh:0:2, temp);
    Edit42.Text := temp; //В Кельвинах Собственная шумовая температура
приемника
Str(Tsum:0:2, temp);
    Edit43.Text := temp; //В Кельвинах Суммарная шумовая тепература при-
емного тракта
Str(DoubleToDb(GES):0:2, temp);
Edit44.Text := temp; //В дБ Коэффициент усиления антенны ЗС
Str(PSS:0:2, temp);
Edit45.Text := temp; //В Вт Мощность передатчика КС
Str(Psh*power(10,12):0:2, temp);
    Edit46.Text := temp; //В пВт суммарная мощность шумов на входе при-
емника

//Построение графика участок "вниз"
mass[1] := PSS;
mass[2] := -nES;
mass[3] := DoubleToDb(GES);
mass[4] := -(DoubleToDb(L0Low + Ldop));
mass[5] := DoubleToDb(GES);
mass[6] := -nSS;
mass[7] := PSS;
mass[8] := -nSS;
mass[9] := DoubleToDb(GES);
mass[10] := -(DoubleToDb(L0Low + Ldop));
mass[11] := DoubleToDb(GES);
mass[12] := -nES;
Series1.Clear; currentPos
:= 0;
Series1.AddXY(1,0,"clRed); for i
:= 1 to 12 do
begin
currentPos := currentPos + mass[i];
Series1.AddXY(i+1,currentPos,"clRed); end;
```

*Продолжение приложения А*

```
Series1.AddXY(14,0,"clRed);  
end;
```

```
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);  
begin  
    Form1.Caption := 'Линии спутниковой связи'; end;  
  
end.
```