МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационных систем

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____

_____
(Ф.И.О., ученая степень, звание)

_____ «_____»_____ **20__ г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирования цифровых систем передачи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск

Специальность 5В071900 Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Курманбайулы К МТСу-10
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Кадыров Х.Г.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Бабич Е.А ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Мамонбаева С.Е ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «16» 06 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
Сейленова Д.О ст. преп.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «16» 06 2014 г.
(подпись)

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

Нормоконтролер: ст. преподаватель Кондратович Л.П.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «16» 06 2014 г.
(подпись)

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

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

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

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Жургонбайулы Куаныш
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Проектирования цифровых систем передачи на участке Алматы - Усть - Каменогорск

утверждена приказом ректора № ___ от «___» сентября 20___ г.
Срок сдачи законченной работы «___» _____ 20___ г.
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта
Талдыкорган - Уштобе расстояния 49 км, Уштобе - Жанатуров 143 км, Жанатуров - Уморал 183 км, Уморал - Аягуз 231 км, Аягуз - Кайбатау 194 км, Кайбатау - (Георгиевка) - Усть - Каменогорск 116 км. Численность население города Талдыкорган по данным на 1 января 2013 года составило 132600 человек, города Усть - Каменогорск - 308918 человек

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:
Целью дипломного проекта является построение цифровых систем передачи на участке Талдыкорган - Усть - Каменогорск на базе ВОЛС. В результате проектирования сети предстоит решить следующие задачи:
- сделать анализ существующей сети;
- выбрать технологию ВОЛС, на основе которой будет проходить проектирование на участке Талдыкорган - Усть - Каменогорск;
- выбрать оборудование и осуществить проектирование сети ВОЛС на участке Талдыкорган - Усть - Каменогорск;
- произвести расчет основных параметров сети ВОЛС на участке Талдыкорган - Усть - Каменогорск
- рассчитать экономическую эффективность проекта;
- решить вопросы безопасности и жизнедеятельности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Рис 1.1 – Трасса Таштыгорган – Усть-Каменогорск
Рис 1.2 – Схема проектируемой трассы
Рис 2.2 – Ввод/вывод потока пользователя 2 Мбит/с по схеме PDH
Рис 2.9 – Формирование STM-1
Рис 2.11 – Топология кольцо с защитой 1+1 на уровне трубных SL.TU-n
Рис 3.2 – Структура линейного тракта с использованием SLT-4
Рис 3.3 – Кабель типа ОСЛК-01
Рис 3.4 – Структура оптического линейного тракта на проектируемом участке
Рис 3.5 – Схема проектируемой трассы

Рекомендуемая основная литература

1. Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи. Москва: Радио и связь, 1990-224 с. 2. Волоконно-оптические линии связи. Справочник / Андрушко Л.М. 3. Вербовецкий А.А. Основы проектирования цифровых оптоэлектронных систем связи. 4. Дж Гауэр Оптические системы связи 5. В.И. Иванов. Оптические системы передачи. 6. А.В. Андреев, В.А. Бурдин. Оптические волокна для оптических сетей связи. 7. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. 8 Семенов А.Б. Волоконная оптика в локальных и корпоративных сетях связи 9 Скляров О.К. современные ВОСП. Литература и элементы 10. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети 11. Дмитриев С.А. Слепов Н.Н. Волоконно-оптическая техника

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БЖД	Маканбаева С.Е.	23.04-16.05	
Вспл. тех	Сейсенова Д.О.	26.05-16.06.14	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Обзор цифровых систем передачи	20.10.2013	
2.	Анализ существующей сети на участке Талдыкорган - Усть-Каменогорск	20.02.2014	
3.	Подготовка материала по разделу БЖД	20.04.2014	
4.	Подготовка материала по разделу экономики	1.05.2014	
5.	Проектирование сети ВОЛС на участке Талдыкорган - Усть-Каменогорск	5.05.2014	
6	Оформление дипломного проекта	20.05.2014	

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)

Аңдатпа

Дипломдық жоба мақсаты Талдықорған-Өскемен учаскесінде SDH технологиясын енгізу арқылы сандық беру жүйесін жобалауды жүзеге асыру. SDH көліктік технологиясы мәоіметтерді беру кезінде толқын ұзындығымен мультиплекстеу технологиясын қолдану есебінен аса жоғары жылдамдықты қамтамасыз етеді.

Тіршілік әрекеті қауіпсіздігі бөлімінде еңбек шарттарына талдау жүргізіледі, сондай-ақ жабдық орнатылған бөлмені жасанды жарықтандыру есебі жүргізілген.

Экономикалық бөлімде Талдықорған-Өскемен учаскесінде сандық жүйені енгізудің экономикалық әсері есептелген.

Аннотация

Цель дипломного проекта осуществить проектирование цифровых систем передачи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск, путем внедрения SDH технологии. Транспортная технология SDH обеспечивает наибольшую скорость при передаче данных за счет применения технологии мультиплексирования по длине волны.

В разделе безопасности жизнедеятельности проводится анализ условий труда, а так же расчет искусственного освещения помещения, где расположено оборудование.

В экономической части рассчитан экономический эффект от внедрения цифровых систем на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск.

Abstract

The purpose of the diploma project is to implement the design of digital transmission systems in the area of Taldykorgan-Ust-Kamenogorsk by introducing SDH technology. Transport SDH technology allows faster data transmission through the use of multiplexing techniques wave length.

In the life safety part was held analyzes of working conditions, as well as payment of artificial lighting facilities where equipment is located.

In the economic part of was calculated the economic impact of the introduction of digital systems in an area Taldykorgan-Ust-Kamenogorsk.

Содержание

Введение 12
1 Обоснование необходимости проекта 14
1.1 Причины внедрения новых технологий 14
1.2 Анализ существующих сетей связи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск 15
1.3 Анализ цифровых линий передачи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск 16
1.4 Перспективная схема организации связи 17
2 Обзор цифровых систем передачи 19
2.1 Предпосылки создания SDH 19
2 Пользователь 23
2.2 Преимущества и основные принципы SDH технологий 23
2.3 Информационные структуры и структуры заголовков STM- N 26
2.4 Схема мультиплексирования потоков в SDH 31
2.5 Функциональные задачи и модули сетей 33
2.6 Топология и архитектура сетей SDH 34
2.7 Постановка задачи 38
3 Расчет параметров цифровой линии связи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск 39
3.1 Расчет иерархии мультиплексора 39
3.2 Выбор системы передачи 45
3.2.1 Выбор фирмы производителя оборудования SDH 45
3.2.2 Технические характеристики оборудования 47
3.2.3 Используемая аппаратура и краткие сведения о ней 50
3.2.4 Выбор и характеристика мультиплексора 51
3.2.5 Выбор конструкции оптического кабеля 53
3.3 Расчет линии связи 56
3.3.1 Определение пропускной способности проектируемой ВОЛС 56
3.3.2 Расчет проектной длины регенерационного участка 57
3.3.3 Расчет линии связи по дисперсии 60
4 Безопасность жизнедеятельности 62
4.1 Анализ условий труда при проектировании цифровых систем передачи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск 62
4.2 Расчет естественного освещения помещения 65
4.3 Расчет искусственного освещения 67
4.4 Выбор и обоснование мер по обеспечению безопасных условий при монтажных и сборочных работах проектируемого объекта 70
4.5 Выводы 73
5 Бизнес план 73
5.1 Цели и задачи проекта 73
5.2 Описание продукции 74
5.3 План маркетинга 74

5.4 Организационный план 74
5.5 Производственный план 75
5.6 Финансовый план 76
5.7 Вывод по экономической части 81
Заключение 82
Список литературы 83
Приложение А Расчет длины регенерационного участка с помощью программы MathCad 84

Введение

Современная электрическая связь Республики Казахстан развивается на базе ЕАСС (Единой Автоматической Сети Связи), позволяющей передавать различные виды информации, на требуемые расстояния. В настоящее время связь РК представляет собой совокупность сетей и служб связи и функционирует на ее территории как взаимосвязанный производственно хозяйственный комплекс.

Первичная связь страны на данном этапе развития базируется на использовании медно-кабельных, радиорелейных и спутниковых линиях связи. Эти линии дополняют друг друга, обеспечивая передачу потоков информации любого назначения на базе использования цифровых и аналоговых систем передачи. Особенно в последние годы в технике связи находят применение цифровые методы преобразования сообщений в сигналы, цифровые системы передачи и коммутации. Это обусловлено развитием ряда объективных факторов, прежде всего резко возросшей ролью в нашей жизни ЭВМ, которые применяются во многих сферах человеческой деятельности.

Уже в 70-е годы интенсивное развитие новых информационных технологий привело к бурному развитию микропроцессорной техники, которая стимулировала развитие цифровых методов передачи голоса и данных, что в конечном счете привело к созданию технологий локальных сетей, например Ethernet, а также новых высокоскоростных технологий глобальных сетей, такие как ISDN, PDH, SONET, SDH и др.

Синхронная оптическая сеть SONET и Синхронная цифровая иерархия SDH, рассматриваются как единая технология SONET/ SDH, имеющая диапазон используемых скоростей передачи до 10 Гбит/с.

Интерес к технологии SDH среди связистов обусловлен тем, что эта технология пришла на смену импульсно- кодовой модуляции ИКМ (PCM) и плезиохронной цифровой иерархии PDH (АЦИ) и стала интенсивно внедряться в результате массовой установки современных зарубежных цифровых АТС, позволяющих оперировать потоками 2 Мбит/с и создания в регионах локальных колец SDH.

Эти технологии ориентированы на использование волоконно-оптических кабелей в качестве среды передачи. Хотя до настоящего времени наиболее распространенными были коаксиальные кабели, которые позволяют передавать достаточно мощные пучки связи различного назначения. По коаксиальным кабелям работают как аналоговые так и цифровые системы передачи. Тем не менее, металлические кабели обладают существенными недостатками, такие как: ограниченная полоса пропускания частот; дорогое содержание антикоррозийного оборудования; большое потребление цветных металлов (кабельная промышленность потребляет до 50% меди и до 25% свинца от общих ресурсов), которые являются дорогостоящими и дефицитными; наличие большого количества промежуточных усилительных пунктов, что приводит к снижению надежности системы, а также множество

других недостатков, которыми обусловлена замена металлических кабелей на оптические. То есть сейчас оптические кабели превосходят по своим характеристикам все традиционные металлические линии и сейчас являются самыми перспективными линиями связи. Ну а поскольку ни одна из самых современных высокоскоростных технологий невозможна без ВОЛС в качестве среды связи, то можно утверждать, что будущее магистральных сетей – за ВОЛС.

Целью дипломного проекта является построение цифровых систем передачи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск на базе ВОЛС. В результате проектирования сети предстоит решить следующие задачи:

– сделать анализ существующей сети;

– выбрать технологию ВОЛС, на основе которой будет проходить проектирование на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск;

– выбрать оборудование и осуществить проектирование сети ВОЛС на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск;

– произвести расчет основных параметров сети ВОЛС на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск;

– рассчитать экономическую эффективность проекта;

– решить вопросы безопасности и жизнедеятельности.

1 Обоснование необходимости проекта

1.1 Причины внедрения новых технологий

В большинстве стран мира принят курс на цифровизацию сетей связи, предусматривающий построение сети на базе цифровых методов передачи и коммутации. Это объясняется в силу существующих преимуществ цифровых сетей связи над аналоговыми. Качественная телефонная связь должна рассматриваться как одно из непременных условий интеграции Казахстана в мировое сообщество, поэтому Министерством Транспорта и Коммуникаций РК взят курс на развитие средств телекоммуникаций, освоение и внедрение новых цифровых технологий передачи информации, использование направляющих кабельных систем оптического диапазона.

В связи с тем, что Казахстан перешел на рыночные отношения, стал появляться и развиваться все больше малый и средний бизнес. С развитием малого и среднего бизнеса назрела необходимость в расширении и модернизации инфраструктуры, в частности потребность в качественной и скоростной связи. Современный бизнес немыслим без ежедневного обмена информацией, где скорость передачи данных и речи играет большую роль. То есть возросла необходимость в таких видах связи, как: сотовая связь, пейджинговая связь, интернет, спутниковая связь, факсимильная связь, и др. Потребность в пропускной способности высокоскоростных магистральных линий передачи неуклонно растет. Изменяется и характер трафика, передаваемого по каналам связи. Если раньше большую часть общей нагрузки магистральных линий составлял телефонный трафик, то в последние годы в связи с массовой компьютеризацией и развитием сетевых информационных технологий, основная доля графика приходится на передачу данных. Большую пропускную способность и высокую скорость передачи данных можно достичь только с применением новых технологий. Оптический кабель может передавать данные с очень высокой пропускной способностью, обладает отличными трансмиссионными характеристиками, высокой емкостью передаваемых данных, потенциалом для дальнейшего развития увеличения пропускной способности и устойчивостью к электромагнитным и радиочастотным помехам.

В общем потребности ускоренного развития современных сетей связи и требования рыночной экономики привели к необходимости коренных изменений в практике проектирования, строительства и эксплуатации сетей связи.

Современные сети должны быть построены на цифровых системах передачи и коммутации и иметь гибкую, легко управляемую структуру. Должна обеспечиваться возможность совместной работы аппаратуры разных фирм-изготовителей на сети одного оператора и удобство взаимодействия нескольких сетевых операторов. Требуется передача и переключение потоков информации разной мощности, ввод и выделение этих потоков в

произвольных пунктах, глубокий контроль качества и тарификация в соответствии с действительным временем пользования связью и ее качеством. Должны быть открыты пути развития служб, использующих как синхронный (STM) так и асинхронный (ATM) способы переноса информации. Перечисленные требования практически невыполнимы в рамках плезиохронных цифровых иерархий.

Используемая в настоящее время аппаратура уплотнения в основном предназначена для работы в каналах передачи, организованных по схеме от одного узла связи до другого. Для обеспечения требуемой скорости передачи или для перераспределения маршрутов, линейный сигнал необходимо направлять в аппаратуру уплотнения или в аппаратуру демультиплексирования, обеспечивающую нужную скорость передачи, при этом уплотнение должно выполняться в несколько этапов. Такой подход требует использования нескольких комплектов уплотнителей.

Поскольку с развитием волоконно-оптической передающей аппаратуры, произошло быстрое увеличение масштабов сетей связи и их пропускной способности, все это повлекло за собой усиление требований к гибкости и надежности сетей. В настоящее время, такие возрастающие требования могут удовлетворить синхронные цифровые сети с иерархической архитектурой. Такие сети имеют программное управление, в них есть возможность гибкого управления шириной полосы пропускания, прямого, непосредственного уплотнения информации из отводящей линии в магистраль, в целом такой подход подводит нас к созданию гибких сетей связи будущего.

1.2 Анализ существующих сетей связи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск

Волоконно-оптическая линия связи на участке «Талдыкорган-Усть-Каменогорск» это часть крупномасштабного проекта государственного значения по построению Национальной информационной супермагистрали (НИСМ), реализация данного проекта осуществляется «Казахтелекомом».

Такая необходимость в строительстве ВОЛС на участке «Талдыкорган-Усть-Каменогорск» протяженностью в 1133 км обусловлена растущим объемом передаваемой информации, международными требованиями по надежности и качеству связи, а также обеспечением эффективного использования транзитного потенциала всей страны в целом.

Введенная в эксплуатацию цифровая линия связи, расположенная между двумя развивающимися мегаполисами страны позволит компании организовать такую информационную сеть, которая сможет реализовать различного масштаба проекты, использую емкости существующей магистральной транспортной сети, а также необходимость создания резервного пути для Западной и Восточной оптической линии связи. Данная сеть была осуществлена на оборудовании «Cisco».

На территории Талдыкоргана и Усть-Каменогорска существует сеть городских АТС, а так же сотовые операторы ведущих компаний Казахстана, такие как BEELINE, ТОО Кар-Тел, АО Altel, Tele 2, Dalacom и др. Данные компании охватывают весь диапазон города и предлагают большой выбор телекоммуникационных услуг, таких как:

– предоставление сотовой связи;
– регистрация номеров;
– пополнение баланса;
– приобретение карт оплаты;
– подключение к сети City, Dalacom, Jet;
– продажа телефонов формата CDMA;
– дублирование нормера;
– восстановление номеров;
– подключение к проводному интернету;
– подключение к беспроводному интернету и др.

Так же имеют место компании, предоставляющие спутниковые системы связи, такие как ТОО Мега Ком , АО Нурсат и компания, которая предоставляет услуги радиосвязи – ТОО Панави.

Эти компании предоставляют следующие услуги:

– организация передачи радиосигнала и телевизионного сигнала;
– организация кабельного телевидения (услуги);
– организация услуги спутников по передаче радиосигнала и телевизионного сигнала;
– производство радио продукции и телевизионной продукции;
– производство телевизионных программ для спутникового и кабельного телевидения.

1.3 Анализ цифровых линий передачи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск

Исследуемый участок «Талдыкорган-Усть-Каменогорск» имеет расстояние 1133 км вдоль автомагистрали и включает несколько промежуточных пунктов, таких как Уштобе, Жансугуров, Ушарал, Уржар, Аягоз, Георгиевка (Калбатау) (рисунок 1.1).

Численность населения города Талдыкорган по данным на 1 января 2013 года составила 132600 человек, города Усть-Каменогорск - 308 918 человек.

В 2004 году введена в эксплуатацию Восточная ВОЛС "Петропавловск - Кокшетау - Астана - Павлодар - Семипалатинск - Усть-Каменогорск - Талдыкорган". Восточная ВОЛС обеспечивает цифровой связью 29 населенных пунктов.

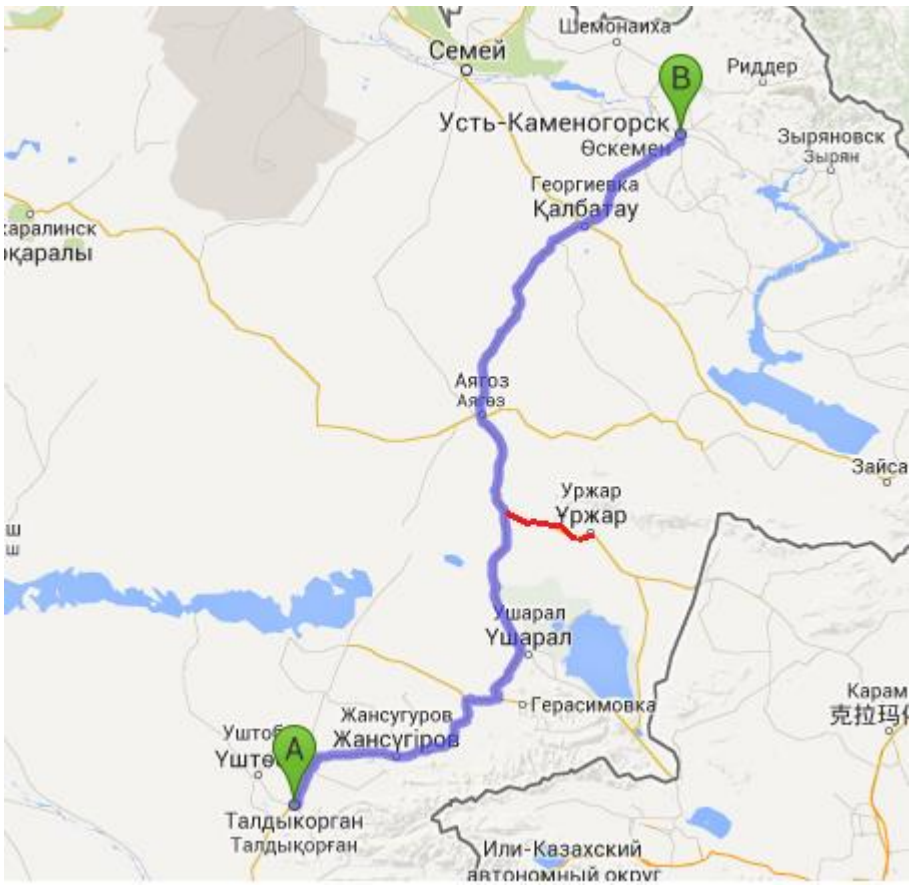

Рисунок 1.1 – Трасса Талдыкорган-Усть-Каменогорск

1.4 Перспективная схема организации связи

Организация цифровых линий передачи данных на участке «Талдыкорган-Усть-Каменогорск» предназначена для организации высокоскоростных и высококачественных цифровых каналов с применением технологии SDH. Данная ВОЛС будет удовлетворять возросшие потребности спроса на коммуникационные услуги нового поколения. Система передачи STM-4 и STM-16, которые будут работать на сети, благодаря своей высокой скорости передачи данных могут одновременно с обычными телефонными разговорами передавать факсы, радиосообщения, телевидение, интернет. Кроме того, SDH позволяет осуществлять современную деловую связь, так например, видеоконференцию или проводить корпоративную сеть. ВОЛС «Талдыкорган-Усть-Каменогорск» будет связующим звеном Национальной Информационной Супермагистрали (НИСМ), являющейся проектом «Казахтелекома» по коренному улучшению связи в Казахстане с Россией.

Супермагистраль эта, как и Транс – Азиатско – Европейская магистраль построена фирмой «Сименс». Она является одновременно основным связующим звеном всей ТАЕ, которая простирается на 27000 км и соединяет между собой 20 стран. Почти во всех этих странах использована современная технология в области связи производства «Сименс». Национальная

супермагистраль представляет собой волоконно-оптические высокоскоростные цифровые магистральные сети с использованием техники ДН, которые соединят все области Казахстана и обеспечат высококачественную связь со странами СНГ и дальнего зарубежья. Т.е. ветвь НИМС, также как и ТАЕ станут кратчайшим связующим звеном между Европой и Азией, которые в свою очередь превращаются в близких соседей в «глобальной деревне».

В проекте учитывается необходимость выделения цифровых потоков для населенных пунктов таких, как Уштобе, Жансугуров, Ушарал, Уржар, Аягоз, Георгиевка (Калбатау), где развивается малый и средний бизнес, и спрос на качественную, надежную и высокоскоростную связь растет ежедневно.

Регенерационные пункты будут размещаться в населенных пунктах. Питание аппаратуры необслуживаемого регенерационного пункта (НРП) осуществляется от местных источников электропитания. Источники излучения передающих устройств ВОЛС (лазеры) обрабатывают не менее 10 часов. Система контроля и управления осуществляет функции: контроля оборудования оконечного пункта, необслуживаемого регенерационного пункта (НРП) и обслуживаемого регенерационного пункта (ОРП), автоматического переключения на резерв.

Перспективная схема организации связи, т.е. схема проектируемой трассы, представлена на рисунке 1.2.

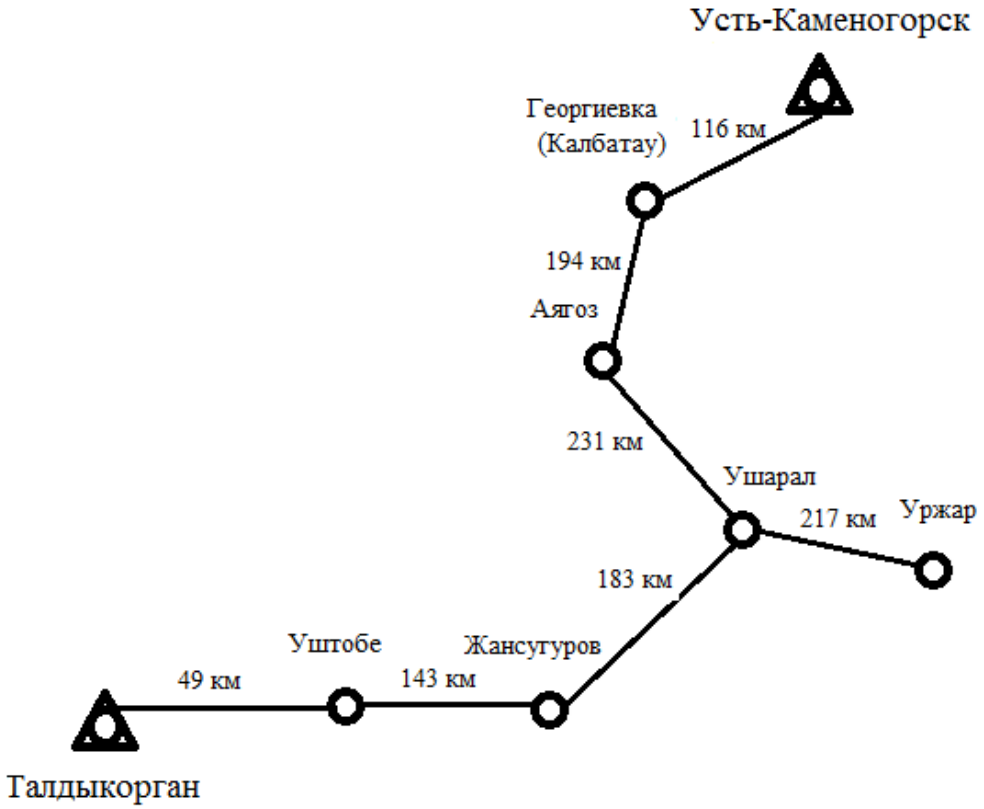

Рисунок 1.2 – Схема проектируемой трассы

2 Обзор цифровых систем передачи

2.1 Предпосылки создания SDH

Наряду с использованием аналоговых (АМ) широко используются и импульсные методы модуляции, в частности, амплитудно-импульсная модуляция (АИМ), что позволит улучшить энергетические характеристики процесса передачи в целом. Импульсные методы модуляции осуществляются путем дискретизации непрерывного аналогового сигнала с последующим квантованием по уровню. Затем этот АИМ сигнал кодируется и в итоге формируется ИКМ сигнал (импульсно-кодовый модулированный сигнал).

Дискретизация по времени состоит в том, что аналоговый сигнал заменяется АИМ сигналов, в котором амплитуда импульсов отражает мгновенное значение информационного сигнала в соответствующий момент времени.

Частота дискретизации выбирается в соответствии с теоремой Котельникова, где $f_g > 2f_{верх}$. После дискретизации по времени происходит квантование по уровню или амплитуде. Сущность квантования состоит в том, что мгновенным значениям амплитуды импульсов присваиваются ближайшие разрешенные амплитудные значения. ИКМ сигнала заканчивается кодированием, т.е. превращением отдельных импульсов дискретного и квантованного сигнала в кодовую группу, которая представляет собой комбинацию цифровых сигналов.

Поскольку максимальная частота спектро-телефонного сигнала 3,4 кГц, а для восстановления аналогового сигнала на приеме по его дискретным отсчетам частота следования импульсов дискретизации должна быть по крайней мере вдвое больше, эта частота была принята равной 8 кГц. Также было установлено, что достаточно иметь 256=2 разрешенных уровней амплитуды, для кодирования которых необходимо 8 двоичных знаков (бит), то есть 1 байт. Таким образом, для цифровой передачи стандартного телефонного сигнала методом ИКМ требуется скорость 8 бит * 8 кГц = 64 кбит/с.

Для организации многоканальных ЦСП используется временное мультиплексирование, т.е. временное разделение каналов, в соответствии с рисунком 2.1.

Схема временного мультиплексирования последовательно подключает каждый входной канал на определенный временной интервал, необходимый для посылки импульса сигнала в данном канале. Эти канальные интервалы образуют «цикл», а несколько циклов могут объединяться в еще более общую структуру называемую «сверхциклом». Затем сформированный таким образом поток импульсов от разных входных каналов направляется в канал связи. На приеме демультиплексор с помощью аналогичной схемы и ФН4 выделяет импульсы и распределяет их по соответствующим каналам.

ПОЛОСА ЧАСТОТ	КАНАЛ 1	КАНАЛ 2	…	КАНАЛ N	КАНАЛ 1	КАНАЛ 2	…	КАНАЛ 1	КАНАЛ 2	…	КАНАЛ N
	Цикл -1				Время			Цикл –N			
	Сверхцикл										

Рисунок 2.1 – Временное разделение каналов

Новые технологии телекоммуникаций стали развиваться в связи с переходом от аналоговых к цифровым методам передачи данных, основанных на мультиплексировании с временным разделением каналов и ИКМ.

При использовании цифровых методов мультиплексор (типа n:1) формирует, как известно, из n входных цифровых последовательностей одну выходную, состоящую из повторяющихся групп по n одноименных блоков (бит, байт) сформированных за цикл. Мультиплексор теоретически должен при этом обеспечить скорость передачи данных порядка n * V, где V - скорость передачи данных одного входного канала. Если в качестве входного используется сигнал основного цифрового канала DS-O со скоростью передачи 64 кбит/с, то с помощью одного мультиплексора типа n:1 можно сформировать потоки со скоростью n * 64 кбит/с. Если считать этот мультиплексор первым в схеме каскадного соединения из нескольких мультиплексоров, второго, третьего и т.д. уровней, то можно сформировать различные иерархические наборы цифровых скоростей передачи, или цифровые иерархии, позволяющие довести этот процесс мультиплексирования или уплотнения каналов до необходимого уровня, дающего требуемое число каналов на входе.

Три такие иерархии были разработаны в начале 80-х годов. В первой из них, принятой в США, в качестве скорости сигнала первичного цифрового канала DS-1 была выбрана скорость 1544 кбит/с, то есть она имеет 24 канала DS-0 по 64 кбит/с. Далее указанная иерархия позволяет передавать соответственно 96, 672 и 4032 канала DS-0.

Вторая иерархия, тоже порожденная скоростью 1544 кбит/с и она также позволяет передавать 24, 96, 480 и 1440 каналов DS-0.

Третья иерархия порожденная скоростью 2048 кбит/с, дала последовательность E1 - E2 - E3 - E4 - E5. Указанная иерархия позволяет передавать соответственно 30, 120, 480, 1920 и 7680 каналов DS-0, что отражается и в названии ИКМ систем: ИКМ-30, ИКМ-120 и т.д.

Указанные иерархии, известны под общим названием плезиохронная цифровая иерархия PDH или ПЦИ. Различие между ними делает весьма

затруднительным их взаимодействие между собой, Системы PDH приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Три схемы цифровых иерархий

Уровень цифровой иерархии	Скорости передачи		
	Европа	Сев. Америка	Япония
0	64 Кбит/с	64Кбит/с	64Кбит/с
1	2Мбит/с	1,5Мбит/с	1,5Мбит/с
2	8Мбит/с	6Мбит/с	6Мбит/с
3	34Мбит/с	45Мбит\с	32Мбит/с
4	140Мбит/с		98Мбит/с

При использовании жесткой синхронизации при приеме/передаче можно было бы применить метод мультиплексирования с чередованием байтов, как это делается при формировании цифровых сигналов первого уровня, для того чтобы иметь принципиальную возможность идентификации байтов или групп байтов каждого канала в общем, потоке. Однако, учитывая, что синхронизация входных последовательностей, подаваемых на мультиплексор от разных абонентов/пользователей, отсутствует, в схемах второго и более высокого уровней мультиплексирования был использован метод мультиплексирования с чередованием бит. В этом методе мультиплексор формирует выходную цифровую последовательность путем чередования бит входных последовательностей от разных каналов.

Так как мультиплексор не формирует структуры, которые могли бы быть использованы для определения позиции бита каждого канала, а входные скорости разных каналов могут не совпадать, то используется внутренняя побитовая синхронизация, при которой мультиплексор сам выравнивает скорости входных потоков путем добавления нужного числа выравнивающих бит в каналы с относительно меньшими скоростями передачи, могут быть использованы другие варианты, когда выравнивание скоростей осуществляется путем изъятия бит из каналов с большими скоростями, или сочетаются оба процесса добавления/изъятия. Благодаря этому на выходе мультиплексора формируется синхронизированная цифровая последовательность. Информация о вставленных/изъятых битах передается по служебным каналам, формируемым отдельными битами в структуре цикла. На последующих уровнях мультиплексирования эта схема повторяется, добавляя новые выравнивающие биты. Эти биты затем удаляются/добавляются при демультиплексировании на приемной стороне для восстановления исходной цифровой последовательности. Такой процесс передачи получил название плезиохронного (т.е. почти синхронного), а цифровые иерархии – плезиохронных цифровых иерархий – PDH.

PDH системами стали пользоваться для передачи данных, для банковских транзакций, используя главным образом, каналы 64 кбит/с.

Сначала казалось, что привлекательность новой технологии выиграет за счет привлечения массы пользователей. Но этого не произошло, РДН технология продемонстрировала на этом этапе возросшего к ней интереса свои недостатки.

Суть основных недостатков РДН в том, что добавление выравнивающих бит делает невозможным идентификацию и ввод, например, потока 64 кбит/с или 2 Мбит/с, «зашитого» в поток 140 Мбит/с, без полного демультиплексирования или «расшивки» этого потока с прохождением промежуточных уровней (34 Мбит/с и 8 Мбит/с), а после выделения требуемого потока в 2 Мбит/с операция трехуровневого мультиплексирования «сшивания» осуществляется заново с добавлением новых выравнивающих бит.

PDH по сути являются синхронными системами, так как не используют внешнюю синхронизацию от центрального источника. В них потеря бит (или невозможность их точной локализации) приводит не только к потере информации, но и к нарушению синхронизации. На принимающем конце сети было проще выбросить неверно полученные циклы, чем инициализировать восстановление синхронизации повторной передачи потерянного фрагмента как это делается в локальных сетях. Это значит, что указанная информация будет потеряна безвозвратно. Практика показала, что таймеры могут давать значительное отклонение от точной скорости передачи.

Другим существенным недостатком является отсутствие средств сетевого автоматизированного контроля и управления, без которых невозможно создать сеть связи, удовлетворяющую современным требованиям к качеству обслуживания и надежности. Такие средства (в ограниченном объеме) имеются в PDH лишь на уровне линии передачи, однако они не стандартизированы, поэтому разработанные различными производителями оборудования PDH системы контроля и управления линейных трактов несовместимы.

Они не способны осуществлять контроль и управление групповыми трактами «из конца в конец»и тем более всей сетью. При нарушении синхронизации группового сигнала в PDH сравнительно большее время требуется на многоступенчатое восстановление синхронизации компонентных потоков.

Преодолеть недостатки, оставаясь в рамках PDH, было невозможно. Поэтому, когда в середине 80-х годов применение волоконно-оптических линий связи позволило существенно повысить скорости передачи, а внедрение цифровых коммутационных станций дало возможность создать полностью цифровые синхронные сети, началась работа по переходу к SDH. Схема такой операции для одного пользователя (с потоком 2 Мбит/с) показана на рисунке 2.2.

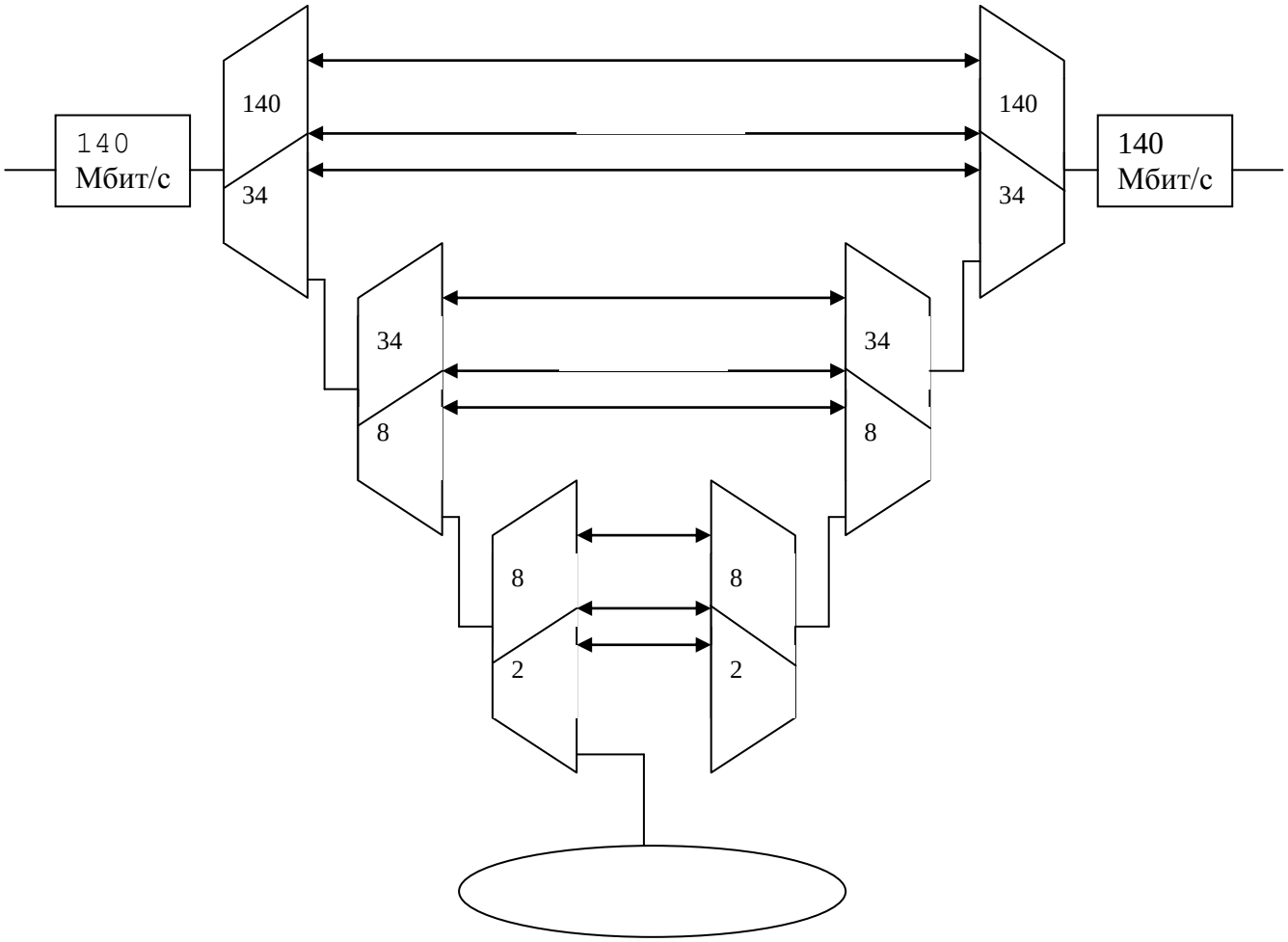

Рисунок 2.2 – Ввод/вывод потока пользователя 2 Мбит/с по схеме PDH

Целью разработки была иерархия, которая позволила бы:

1) вводить/выводить входные потоки без необходимости проводить их сборку/разборку, т.е. иметь возможность определять положение каждого входного потока, составляющего общий поток;

2) разработать новую структуру фреймов, позволяющую осуществлять не только развитую маршрутизацию, но и осуществлять в пределах иерархии управление сетями с топологией любой сложности;

3) систематизировать иерархический ряд скоростей передачи и продолжить его за пределы ряда PDH;

4) разработать стандартные интерфейсы для облегчения стыковки оборудования.

2.2 Преимущества и основные принципы SDH технологий

Основной физической средой используемой для передачи сигналов SDH, является оптическое волокно. Не случайно одна из основных цифровых технологий носит название SONET- перевод с английского означает «синхронная оптическая сеть». Она вместе с синхронной цифровой иерархией рассматривается как единая технология SONET/ SDH. Синхронные сети

имеют ряд преимуществ перед используемыми плезиохронными сетями. Основные из преимуществ:

– упрощение сети, вызванное тем, что в синхронной сети один мультиплексор ввода-вывода позволяет непосредственно вывести (или ввести), например сигнал E1 (2Мбит/с) из фрейма ТМ-1 (155 Мбит), заменяя целую «гирлянду» мультиплексоров PDH, давая экономию не только в оборудовании, но и в требуемом месте для размещения питания и обслуживания;

– надежность и самовосстанавливаемость сети, обусловлены тем, что во-первых, сеть использует волоконные кабели, передача по которым практически не подвержена действию электромагнитных помех, во-вторых, архитектура и гибкое управление сетями позволяет использовать защищенный режим работы, допускающий два альтернативных пути распространения сигнала с почти мгновенным переключением в случае повреждения одного из них, а также обход поврежденного узла сети, что делает эти сети самовосстанавливающимися;

– гибкость управления сетью, обусловленная наличием большого числа достаточно широкополосных каналов управления и компьютерной иерархической системы управления с уровнями сетевого и элементарного менеджмента, а также возможность автоматического дистанционного управления сетью из одного центра, включая динамическую реконфигурацию каналов и сбор статистики о функционировании сети;

– выделение полосы пропускания по требованию – сервис, который раньше мог быть осуществлен только заранее (например, за несколько дней) спланированной договоренности, теперь может быть предоставлен в считанные секунды путем переключения на другой (широкополосный) канал;

– прозрачность для передачи любого трафика – факт, обусловленный использованием виртуальных контейнеров для передачи трафика, сформированного другими технологиями, включая самые современные технологии ASDH и ATM;

– универсальность применения – технология может быть использована как для создания глобальных сетей или глобальной магистрали, передающей из точки в точку тысячи каналов со скоростью до 10 Гбит/с, так и для компактной кольцевой корпоративной сети, объединяющей десятки локальных сетей;

– простота наращивания мощности – при наличии универсальной стойки для размещения аппаратуры, переход на следующую более высокую скорость иерархии можно осуществить, просто вынув одну группу функциональных блоков и вставить новую, рассчитанную на большую скорость, группу блоков.

В SDH использованы последние достижения электротехники, системы вычислительной техники. Ее применение позволяет существенно сократить объем и стоимость аппаратуры, эксплуатационные расходы, сократить сроки

монтажа и настройки оборудования. Синхронная цифровая иерархия – это набор цифровых структур, стандартизированных с целью транспортирования нужным образом адаптированной нагрузки по физическим сетям.

SDH рассчитывается на транспортирование как сигналов действующих РДНЮ имеющих скорости, указанные в рекомендации G*702, так и сигналов новых широкополосных служб. В то же время значительно повышается надежность и живучесть сетей, их гибкость, качество связи.

Линейные сигналы SDH организованы в так называемые синхронные транспортные модули STM-N. Число N означает уровень SDH. Первый из них STM-1 соответствует скорости 155 Мбит/с. Каждый последующий имеет скорость в четыре раза большую, чем предыдущий, и образуется не побитным (как в PDH), а по байтным синхронным мультиплексированием. Уже стандартизировано STM-4 (622 Мбит/с) и STM-16 (2,5 Гбит/с). Планируется введение уровня STM-64 со скоростью передачи 10 Гбит/с.

В сети SDH используется принцип контейнерных перевозок. Подлежащие транспортированию сигналы предварительно размещаются в стандартных контейнерах С. Все операции с контейнерами производятся независимо от их содержимого. Благодаря этому достигается прозрачность сети SDH, то есть возможность транспортировать различные сигналы SDH, потоки ячеек АТМ или какие-либо другие новые сигналы.

Приведем в таблице 2.2 уровни SDH:

Таблица 2.2 – Уровни SDH

Уровень	Модуль	Скорость передачи
1	STM-1	155 Мбит/с
4	STM-4	622 Мбит/с
16	STM-16	2,5 Гбит/с
64	STM-64	10 Гбит/с

Еще одной важной особенностью сети SDH является ее деление на три функциональных слоя, которые подразделяются на подслои (таблица 2.3). Каждый слой обслуживает вышележащий слой и имеет определенные точки доступа. Слои имеют собственные средства контроля и управления, что упрощает операции по ликвидации последствий отказов и снижает их влияние на вышележащие слои. Независимость слоев позволяет внедрять, модернизировать или заменять их, не затрагивая другие слои.

Важнейшими для последующего изложения являются сетевые слои: каналов, трактов и секций. Сеть каналов – слой, обслуживающий собственных пользователей. Их терминалы подключаются к комплектам оконечной аппаратуры SDH соединительными линиями. Сеть каналов соединяет различные комплекты оконечной аппаратуры SDH через коммутационные станции.

Таблица 2.3 – Послойное строение сети SDH

Слои	Подслои
Каналы	Сеть коммутации каналов Сеть коммутации пакетов
Тракты	Низшего порядка Высшего порядка
Среда передачи	Секции: мультиплексные, регенерационные Среда передачи: ВОЛС, РРЛ

Группы каналов объединяются в групповые тракты различных порядков, образуя сеть трактов. Имеются два сетевых слоя трактов (сверху вниз по иерархии SDH) низшего и высшего порядков. В слое трактов осуществляется программный и дистанционный контроль и управление соединениями. Все тракты оканчиваются в аппаратуре оперативного переключения, входящей в мультиплексоры SDH.

Групповые тракты организуются в линейные, построение которых зависит от среды передачи (оптическое волокно, радиорелейные линии). Это сетевой слой передачи. Он подразделяется на две части: слой секций (верхний) и слой физической среды. Сетевой слой секций разделяется на два. Верхним является слой мультиплексных секций (МС). МС обеспечивает передачу информации между пунктами, где оканчиваются или переключаются тракты. Нижний слой регенерационных секций (РС) - обеспечивает передачу информации между регенераторами или регенераторами и пунктами окончания или переключения трактов.

2.3 Информационные структуры и структуры заголовков STM- N

Информация, поступающая в сеть, согласовывается со структурами, с помощью которых поддерживается соединение. В SDH эти структуры образуются в сетевых слоях секции и трактов и транспортируют сетевые потоки, предусмотренные рекомендацией G.702, а также широкополосную информацию. В функцию этих структур входит также коррекция, с помощью системы «указателей», возможных изменений скорости транспортируемых по сети SDH сетевых потоков. Такая концепция обеспечивает функционирование SDH как синхронизированной сети, допускающей режим ИКМ.

В слое секций используются синхронные транспортные модули STM. STM –это блочная циклическая структура с периодом повторения 125 мкс. В SDH принято изображать циклы в виде таблицы из ”n” рядов и “m” столбцов, передаваемых за период цикла. Такие таблицы содержат по девять рядов, где каждый элемент таблицы представляет собой 1 байт и, соответствует скорости передачи 64 Кбит/с. Порядок передачи байтов – слева направо, а затем сверху вниз. Первый байт цикла расположен в левом верхнем углу таблицы, последний- в правом нижнем.На рисунке 2.3 представлена структура цикла

STM-N. Цикл STM-N представляет 9 x N рядов и 270 x N столбцов, где N - уровень SDH.

В настоящее время SDH содержит четыре синхронных уровня, скорости передачи которых (155520; 622080; 2488320; 9953280 Кбит/с) жестко связаны соотношением 1:4; 16:64. Последние числа совпадают с номерами N -уровня SDH.

Первые 9 x N столбцов цикла STM-N занимают служебные сигналы, обеспечивающие OAM и вспомогательные функции. Так как STM образуется в сетевом слое секций, его заголовок называется «секционным». Ряды 1-3 занимают заголовки RSOH регенерационной секции, а ряды с 5-9 заголовки MSOH мультиплексорной секции. Четвертый ряд отведен для AU – указателей. Остальные 270xN столбцов цикла предназначены для информационной нагрузки. Формула для скорости передачи, отвечающей таким таблицам (цикла), имеет вид:

$$V = 8 \times M/T, \text{ или}$$
$$V = 64 \times M,$$

где M - число элементов таблицы,

T - период цикла.

У большинства структур SDH T = 125 мкс.

Для STM – 1 : M = 9 x 270 = 2430, откуда = 64 x 2430 = 155,520 Кбит/с.

Рисунок 2.3 – Структура цикла STM-N с периодом повторения 125 мкс

Для организации соединений в сетевом слое трактов образуются виртуальные контейнеры VC. VC-n - блочная циклическая структура с периодом повторения 125 мкс или сверхциклом 500 мкс. Каждый VC-n состоит из поля нагрузки (контейнер C-n) и трактового заголовка POH, несущего сигналы обслуживания данного тракта: VC-n = C-n + POH (n = 1, 2, 3, 4).

РОН создается и ликвидируется в пунктах, в которых формируется и расформировывается VC-n, проходя транзитом секции.

Рассмотрим перечень виртуальных контейнеров VC-n в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Перечень виртуальных контейнеров VC

VC -n	VC-11	VC-12	VC-2	VC-3	VC-4
Объем Мбит/с	1,6	2,176	6,784	48,384	149,76
C-n, Мбит/с	1,5	1,5 и 2	6	34 и 45	140

VC-11; 12; 2- относятся к нижнему рангу, а VC-3; 4 – к верхнему. Во второй строке таблицы показан полезный «объем» VC-n, то есть предельная скорость нагрузки. В третьей строке скорость передачи в соответствующем контейнере. Скорости C-n контейнеров соответствуют сигналам PDH.

Рассмотрим цикл наибольшего виртуального контейнера VC-4:

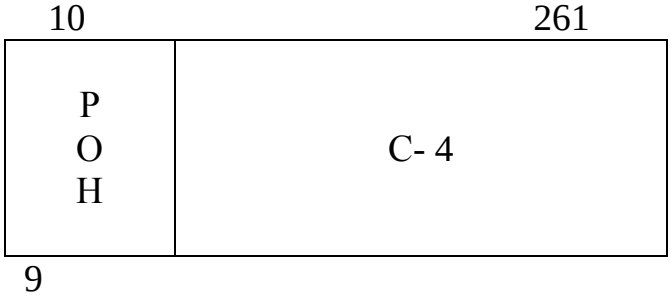

Рисунок 2.4 – Структура цикла VC-4

Он содержит 9 рядов и 261 столбец. Первый столбец занимает РОН, а остальные 260 столбцов (2340 байтов) контейнер С-4. Скорость передачи 2340 х 64 = 149760 Кбит/с, период повторения 125 мкс.

Контейнер VC-3 строится аналогично, только имеет 85 столбцов и вмещает полезную нагрузку 756 х 64 = 48384 Кбит/с.

Рассмотрим виртуальный контейнер VC-12.

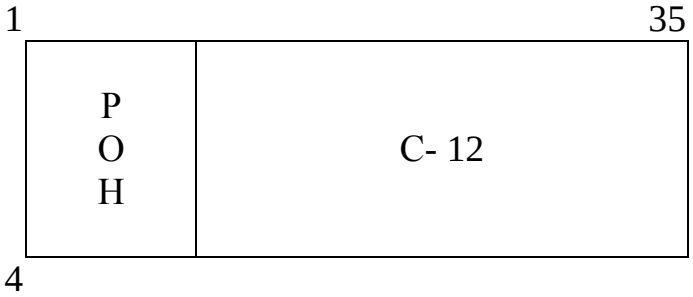

Рисунок 2.5 – Структура цикла VC-12.

Виртуальные контейнеры нижнего ранга используют сверхцикл 500 мкс. Первый столбец из четырех байтов составляет POH, а остальные 136 байтов – контейнер С-12, скорость передачи которого, то есть полезная емкость составляет 2176 Кбит/с.

VC-11 и VC-2 имеют структуру похожую на VC-12 и содержат соответственно 25 и 106 байтов.

STM транспортируют VC верхнего ранга и обмениваются ими в узлах сети. Аналогично VC-3; 4 обмениваются контейнерами низшего ранга.

Добавлением указателей к виртуальным контейнерам верхнего ранга образуются административные блоки AU: AU = VC-n + AU - указатель. VC-4 образует блок AU-4, который полностью загружает STM-1.VC-3 образует AU - 3. В STM-1 вместо VC-4 можно ввести три AU-3, которые образуют группу AUG. Все AU – указатели занимают положение в 4-ой строке первых 9 x N столбцов цикла STM-N. AU - указатель, указывает на начало VC-верхнего ранга.

При объединении сигналов трактов низшего ранга в тракт верхнего, используются субблоки TU, образуемые добавлением указателей к виртуальным контейнерам, то есть TU-n =VC-n + TU - указатель. Один или более субблоков, занимающие определенные места в нагрузке вышестоящего VC-n , называются группой субблоков TUG . Например, TUG-3 может содержать один субблок TU-3, или набор из семи TU-2, а TUG-2 – один TU-2 или набор из трех TU-12, что образует группу субблоков. Субблоки побайтно мультиплексируются в цикле группы.

Многие из рассмотренных возможностей SDH могут быть реализованы только при наличии достаточно развитой системы управления. Поэтому фирмы, производящие оборудование SDH, предлагают и свои системы управления, реализованные как аппаратно-программные комплексы. Системы управления SDH наиболее полно отвечают современным задачам контроля и управления сетью. При создании общественной системы управления, построенной в соответствии с принципами TMN и охватывающей все элементы сети (коммутационные станции, аналоговые системы передачи, ЦСП и PDH), система управления SDH становится ее подсистемой. Физическую основу системы управления SDH составляют входящие в аппаратуру микропроцессорные контрольно-управляющие устройства, интерфейсы, программное обеспечение и встроенные в циклы каналы передачи данных и служебные каналы. Для более глубокого понимания образования встроенных каналов рассмотрим более детально структуру секционного заголовка в цикле STM-1.

SOH несет сигналы системы обслуживания SDH в сетевых слоях секций и делится на заголовки регенерационной и мультиплексной секций (RSOH и MSOH).

Заголовок RSOH размером 3 x 9 = 27 байтов, действует в пределах регенерационной секции. Заголовок MSOH размером 5 x 9 = 45 байтов, проходит прозрачно через регенераторы и действует в пределах всей

мультиплексной секции, от формирования до расформирования STM-1.Он отвечает за структуру цикла STM-1 и его связи с сверхциклом в случае мультиплексирования нескольких модулей STM-1.

Структура заголовка SOH STM-4, получается с соблюдением указанных правил и имеет формат 9 х 36 байтов, а SOH цикла STM-16 имеет формат 9 х 144 байта. Очевидно, что структура заголовка SOH STM-64 будет иметь формат 9 х 576 байтов.

Рассмотрим структуры трактовых заголовков для виртуальных контейнеров VC. На рисунке 2.6 показана структура трактового заголовка POH для VC верхнего ранга.

J1
B3
C2
G1
F2
H4
Z3
Z4
Z5

Рисунок 2.6 – Структура трактового заголовка POH для VC верхнего ранга

Назначение отдельных байтов, следующие:

J1 - трасса тракта, его положение указывается AU-n и TU-n указателями. Применяется для того, чтобы приемное оборудование тракта могло проверить непрерывность соединения с требуемым передатчиком;

B3 - контроль ошибок в тракте;

C2 - марка сигнала, указывает содержание VC;

G1 - статус тракта. Байт для возврата передатчику тракта сообщения о состоянии оборудования окончания тракта;

F2, Z3 - канал пользователя тракта, связь пользователя между элементами тракта;

H4 - позиционный указатель (указатель нагрузки);

Z4 - запас для будущего;

Z5 - байт сетевого оператора для эксплуатационных целей.

Рассмотрим для нижнего ранга на рисунке 2.7:

V5
J2
Z6
Z7

Рисунок 2.7 – Структура трактового заголовка POH для C нижнего ранга

Назначения байтов следующие:

V5 - контроль ошибок, статус, марка сигнала;

J2 - используется для повторяющейся передачи, чтобы приемное оборудование тракта могло проверить непрерывность соединения с требуемым передатчиком;

Z6 - изучается;

Z7 - резерв на будущее.

2.4 Схема мультиплексирования потоков в SDH

В локальных и особенно в протяженных сетях емкости материальных линий связи обычно значительно превышают емкости передачи отдельных приложений. Это делается с целью одновременной передачи множества таких приложений. Сами приложения, могут иметь разную природу, например, это может быть передача постоянного битового потока или передача файлов данных. Для повышения эффективности передающей среды (носителя) и ее адаптации под множество разнородных приложений применяется передача одновременно сразу нескольких информационных сигналов (групп сигналов) в одном носителе, то есть применяется мультиплексирования. Проще говоря, под мультиплексированием понимается объединение нескольких меньших по емкости входных каналов связи в один канал большей емкости для передачи по одному выходному каналу связи.

Как уже отмечалось, в SDH для организации трактов используются виртуальные контейнеры, они образуются добавлением к контейнеру трактового заголовка, то есть:

$$VC = VC + POH.$$

Виртуальные контейнеры формируются и расформировываются в точках окончания трактов. Заголовок POH позволяет осуществлять контроль качества трактов «из конца» в конец».

При мультиплексировании циклы различных компонентных потоков могут не совпадать как между собой, так и с циклом агрегатного потока. В PDH этому не придается значения, поэтому операции ввода/вывода там столь громоздки. Для разрешения этой проблемы в SDH, служат указатели PTR . Они указывают, где именно внутри цикла STM-N находятся начальные позиции циклов компонентных потоков. Это позволяет легко вводить и выводить потоки. С помощью этого указателя образуются блоки таким образом:

$$TU\text{-}n = VC\text{-}n + TV\ PTR,$$

$$AV\text{-}n = VC\text{-}n + AV\ PTR$$

Соответствие между слоями информационных структур и их межслоевое взаимодействие показано в таблице 2.5:

Таблица 2.5 – Слои информационных структур и их межслоевое взаимодействие

Слои		Информационные структуры
Каналы		H1, H2, H3, H4
Тракты	Контейнеры С	
	Низшего порядка	VC – 12; VC – 2; VC – 11 Субблоки TU и их группы TUG
	Высшего порядка	VC – 3; VC – 4 Административные блоки AU и AUG
Среда передачи	Секции	Синхронные транспортные модули
	Физическая среда	ВОЛС, РРЛ

Представим условно соотношение между этими структурами, например, при формировании STM-1, на рисунке 2.9:

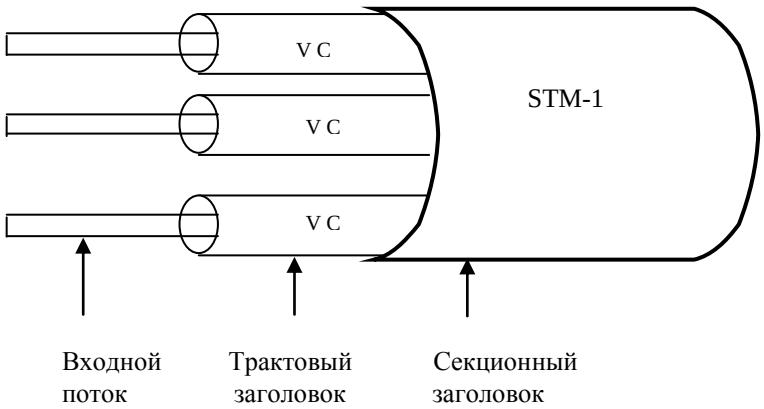

Рисунок 2.9 – Формирование STM-1

Рассмотрим схему мультиплексирования потоков в SDH, при взаимодействии указанных выше структур, изображенную на рисунке 2.10.

С правой стороны показаны скорости исходных цифровых потоков. В структурах AU и TU производится ввод указателей («обработка» указателей»). Производимые в схеме преобразования разделены на три категории, которым соответствуют соединительные линии трех видов. Сплошными тонкими линиями показана процедура «маршрутизации». С помощью этой процедуры цифровые потоки согласуются с виртуальными контейнерами, то есть потоки размещаются на определенных позициях циклов VC. Сплошными толстыми линиями обозначают мультиплексирование. Это процедура, в которой несколько потоков сетевого

слоя трактов низшего порядка согласуются с трактом высшего порядка, или несколько потоков высшего порядка с мультиплексорной секцией. Пунктиром обозначена процедура «корректирование скоростей фаз». С ее помощью в TU и AU вводится информация о местонахождении начала цикла VC, которая определяется по значению TU-указателя и AU-указателя. Эта процедура позволяет корректировать изменения фаз и скоростей передачи нагрузки.

Для того, чтобы ознакомиться с принципом работы схемы, рассмотрим преобразование сигнала 140 Мбит/с. С помощью «маршрутизации» сигнал 140 Мбит/с размещается в С-4 асинхронно. Для этого используются балластные байты. После добавления заголовка POH образуется VC-4. Процедурой «корректирование скоростей фаз» происходит коррекция фаз и скорости передачи VC-4 путем добавления к VC-4 AU-указателя. Образуется AU-4 STM-N образуется по байтным объединениям NAUG с добавлением секционного заголовка SOH, содержащего 9 x N столбцов, то есть:

$$STM - N = N \times AUG + SOH$$

Каждая AUG занимает фиксированное положение в цикле STM-N. Число AUG указывается в RSOH. Цифра у линий указывает количество объединяемых потоков. Это операция – мультиплексирование.

2.5 Функциональные задачи и модули сетей

Сеть SDH, как и любая сеть, строится из отдельных функциональных модулей ограниченного набора: мультиплексоров, коммутаторов, концентратов, регенераторов и терминального оборудования. Этот набор определяется основными функциональными задачами, решаемыми сетью:

– сбор входных потоков через каналы доступа в агрегатный блок, пригодный для транспортировки в сети SDH – задача мультиплексирования, решаемая терминальными мультиплексорами сети доступа;

– транспортировка агрегатных блоков по сети возможностью ввода/вывода выходных потоков – задача транспортирования, решаемая мультиплексорами ввода/ вывода, логически управляющими информационными потоками в сети, а физически потоком в физической среде, формирующей в этой сети транспортный канал;

– перегрузка виртуальных контейнеров в соответствии со схемой маршрутизации из одного сегмента сети в другой, осуществляемая в выделенных узлах сети – задача коммутации или кросс – коммутации, решаемая с помощью цифровых коммутаторов или кросс-коммутаторов;

– объединение нескольких однотипных потоков в распределительный узел-контейнер – задача концентрации, решаемая концентраторами;

– восстановление (регенерация) формы и амплитуды сигнала, передаваемого на большие расстояния, для компенсации его затухания –

задача регенерации, решаемая с помощью регенераторов – устройств, аналогичных повторителям;

– сопряжение сети пользователя с сетью SDH – задача сопряжения, решаемая с помощью оконечного оборудования.

2.6 Топология и архитектура сетей SDH

Рассмотрим топологию сетей SDH и особенности ее выбора. Для того, чтобы спроектировать сеть в целом нужно пройти несколько этапов, на каждом из которых решается та или иная функциональная задача, поставленная на стадии проектирования. Первым из этапов является задача выбора топологии сети. Эта задача может быть решена достаточно легко, если знать возможный набор базовых стандартных топологий, из которых может быть составлена топология сети в целом. Существует несколько видов топологии.

Топология «точка-точка». Сегмент сети, связывающий два узла А и В, или топология «точка-точка», является наиболее простым примером базовой топологии SDH сети. Она может быть реализована с помощью терминальных мультиплексоров ТМ, как по схеме без резервирования канала приема/передачи, так и по схеме с резервированием типа 1+1, использующей основной и резервный выходы (каналы приема/передачи). При выходе из строя основного канала сеть в считанные десятки миллисекунд автоматически переходит на резервный.

Эта базовая топология наиболее широко используется при передаче больших потоков данных по высокоскоростным магистральным каналам.

Топология «последовательная линейная цепь». Эта базовая топология используется тогда, когда интенсивность трафика в сети не так велика и существует необходимость ответвлений в ряде точек на линии, где могут вводится и выводиться каналы доступа. Она реализуется с использованием как терминальных мультиплексоров на обоих концах цепи, так и мультиплексоров ввода/вывода в точках ответвлений. Эта топология напоминает последовательную линейную цепь, где каждый мультиплексор ввода/вывода является отдельным ее звеном. Она может быть представлена в виде простой линейной цепи без резервирования, и с резервированием.

Топология «звезда», реализующая функцию концентратора. В этой топологии один из удаленных узлов сети, связанный с центром коммутации (например с АТСЦ) или узлом сети SDH на центральном кольце, играет роль концентратора, где часть трафика может быть выведена на терминалы пользователе, а другая часть может быть распределена по другим удаленным узлам. Этот концентратор должен быть мультиплексором с развитыми возможностями кросс-коммутации. Иногда такую схему называют оптическим концентратором, если на его входы подаются частично заполненные потоки уровня STM-N, а его выход соответствует STM -N.

Топология «кольцо». Топология «кольцо» изображена на рисунке 2.11

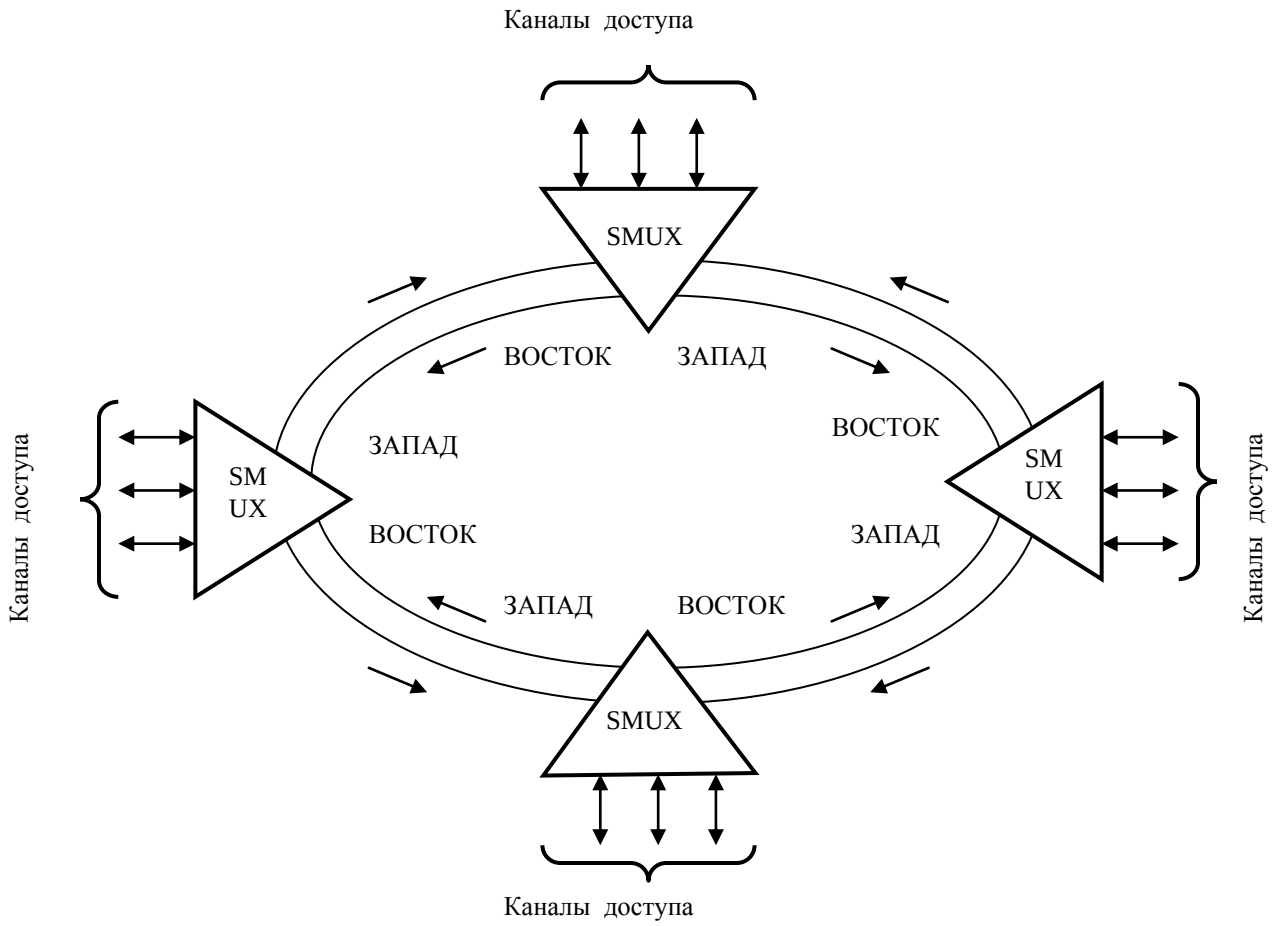

Рисунок 2.11 – Топология «кольцо» с защитой 1+1 на уровне трибных блоков TU-n.

Топология широко используется для построения SDH сетей первых двух уровней SDH иерархий (155 и 622 Мбит/с). Основное преимущество этой топологии – легкость организации защиты типа 1+1, благодаря наличию в синхронных мультиплексорах SMUX двух пар (основной и резервной) оптических агрегатных выходов (каналов приема/передачи): восток-запад, дающих возможность формирования двойного кольца со встречными потоками.

Кольцевая топология обладает рядом интересных свойств, позволяющих сети самовосстанавливаться, то есть быть защищенной от некоторых достаточно характерных типов отказов. В нашем проекте мы останавливаемся на топологии «кольцо».

Согласно современным взглядам, принятым в большинстве развитых стран, реконструирующих свои сети на базе SDH, перспективная сеть должна иметь иерархию трехуровневой архитектуры. Трехуровневая архитектура представлена на рисунке 2.12.

Такая архитектура позволяет наиболее рационально построить гибкую, надежную и экономическую сеть. Верхний (базовый, магистральный) уровень образуется главными узлами, в которых устанавливается АОП-4/4. Основными единицами, которыми обмениваются эти узлы, служат

виртуальные контейнеры VC-4. Каждая линия несет по несколько STM-4 или STM-16. Структура сети на этом уровне решетчатая. Средний уровень состоит из нескольких соединительных (региональных) сетей, каждая из которых охватывает определенную территорию, узлы этих сетей обмениваются не только VC-4, но и более мелкими единицами, например, VC-12». Поэтому в узлах используется АОП 4/1, а также МВВ. Важнейшие узлы этого уровня выходят на один или несколько узлов верхнего слоя. Структура соединительных сетей может быть и кольцевой решетчатой. В линиях организуются тракты ТМ-4.

Нижний уровень составляют сети доступа, куда и включаются основные источники и потребители нагрузки. Каждая из сетей доступа выходит на один или несколько узлов среднего уровня. Структура сетей кольцевая на основе МВВ, тракты ТМ-1 или ТМ-4.

В самых больших чертах можно охарактеризовать функции каждого уровня следующим образом: верхний уровень создает сеть трактов С-4, средний – осуществляет перераспределение трактов С-12 и С-3 между С-4, нижний – обеспечивает доступ к сети пользователей. Преимуществами подобной иерархической архитектуры являются:

– возможность независимого развития и реконструкции каждого из уровней;

– концентрация потоков нагрузки, позволяющая использовать линейные тракты высокой пропускной способности, что дает экономию при построении сети;

– возможность осуществлять контроль, управление и резервирование отдельно на каждом уровне, что упрощает и ускоряет ликвидацию последствий отказов на сети.

Типовыми структурами при построении сетей SDH являются кольцевые на базе МВВ и решетчатые на базе АОП. Важным аспектом проектирования сетей SDH является обеспечение их надежности и живучести. Сама по себе аппаратура SDH весьма надежна. Кроме того, встроенные средства контроля и управления облегчают и ускоряют обнаружения неисправностей и переключения на резерв. Однако, преимущества Н в части надежности и живучести не реализуются в полной мере по себе. Это объясняется тем, что ВОЛС обладают огромной пропускной способностью и отказ даже одного участка может привести к разрыву связи для десятков тысяч пользователей и значительным экономическим потерям. Поэтому необходимо применять специальные меры по обеспечению отказоустойчивости сетей, закладывая резервные емкости и предусматривая алгоритмы реконструкции сетей при отказах ее элементов. Целый ряд факторов облегчает принятие указанных мер: значительные емкости ВОЛС и снижение стоимости одного канала – километра в них; наличие средств контроля и управления SDH; деление сети SDH на независимые функциональные слои; возможности интеллектуальных мультиплексоров и АОП. Отмеченные обстоятельства привели к концепции построения так называемых самозалечивающихся сетей на основе SDH. Ее

суть – создание сети, которая при выходе из строя отдельных элементов способна сохранять или автоматически восстанавливать в короткое время нарушенные связи без серьезных последствий для пользователей.

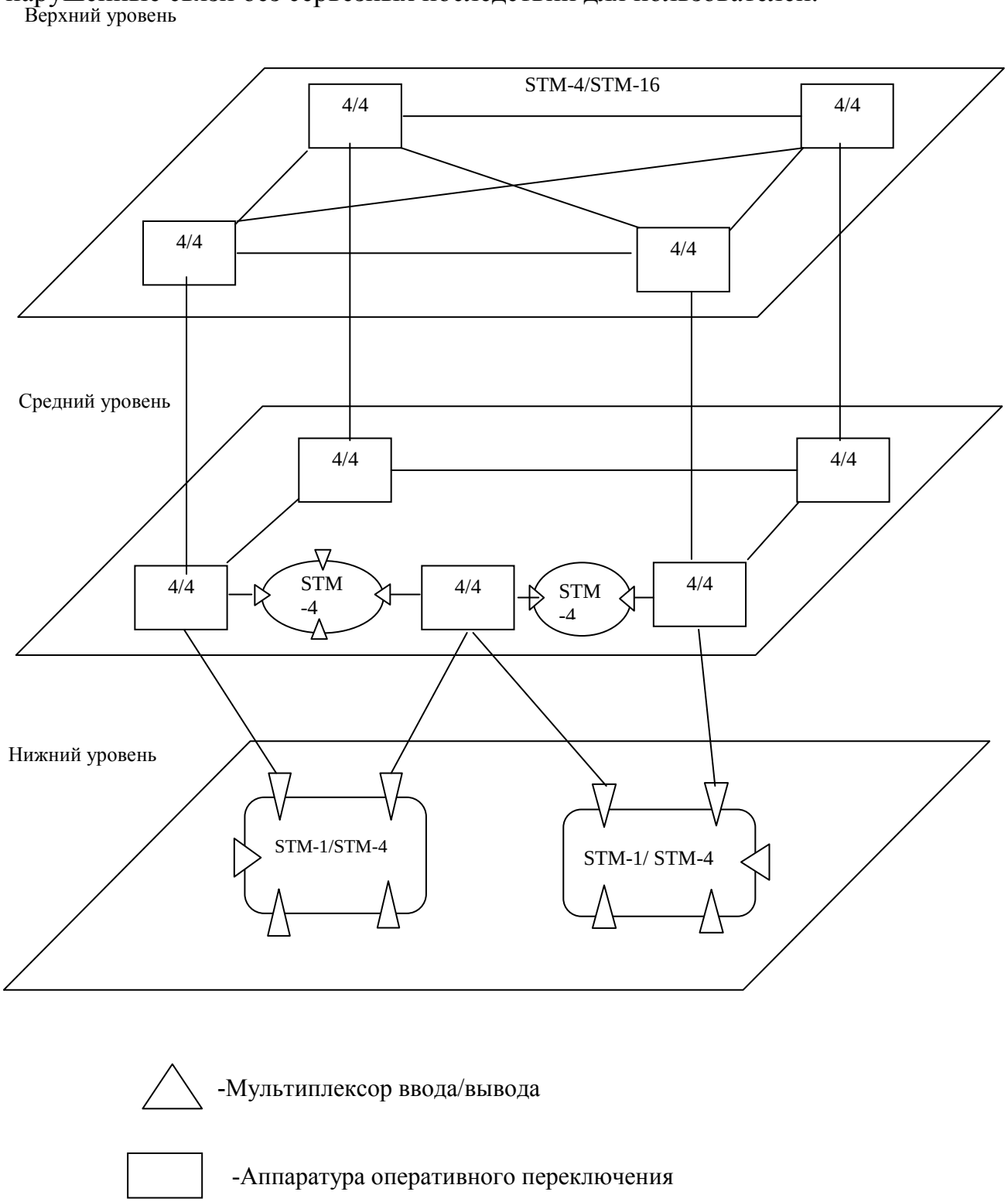

Рисунок 2.12 – Пример структурной организации трехуровневой иерархии

2.7 Постановка задачи

Оценив по достоинствам и недостаткам технологии магистральных сетей, для проектирования ВОЛС на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск выбираем технологию SDH. Трасса имеет протяженность 1133 км с подключением населенных пунктов: Уштобе, Жансугуров, Ушарал, Уржар, Аягоз, Георгиевка (Калбатау). Оборудования SDH может использоваться совместно с оборудованием SDH, что удобно при бедующей масштабируемости сети.

Внедрение технологии SDH позволит получить наиболее масштабный и рентабельный способ расширения полосы пропускания волоконно-оптических каналов в сотни раз. Пропускную способность оптических линий на основе систем SDH можно наращивать, постепенно добавляя по мере развития сети в уже существующее оборудование новые оптические каналы.

3 Расчет параметров цифровой линии связи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск

3.1 Расчет иерархии мультиплексора

Для выбора ступени иерархии мультиплексора и типа оборудования (мультиплексора) для данной цифровой сети на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск, необходимо произвести расчет числа каналов, который связывает данные города. Это зависит от численности населения, которое проживает в данных городах, а также от заинтересованности отдельных групп населения в связи и промежуточных пунктов.

Проектирование сетей доступа на основе такой технологий как SDH предоставляет возможность крупным операторам повышать получаемую прибыль за счет выхода на рынок самых современных широкополосных услуг и обеспечить переход их сетевой инфраструктуры на более высокий качественный и технологический уровень. При внедрении такой технологий как SDH был проведен анализ вопросов проектирования, модернизации и эксплуатации пассивной оптической распределительной сети с учетом особенностей выбранного оборудования внедряемых платформ.

Оптические системы считаются самой совершенной и перспективной средой передачи для больших потоков передаваемой информации на дальние расстояния. С появлением современных волоконно-оптических кабелей стало возможным обеспечить высокую скорость передачи в линейных трактах цифровых систем передачи и одновременно увеличить секции регенерации до 100 км и более.

По данным на 2013 год население города Талдыкорган составило 132 600 человек, а в Усть-Каменогорске – 308 918, население промежуточных пунктов, таких как Уштобе - 24759, Жансугуров - 8352, Ушарал - 17620 , Уржар - 16 438 , Аягоз - 41 593, Георгиевка (Калбатау) - 14 950 человек. При таком перспективном строительстве учитывается прирост населения городов. Такой средний годовой прирост населения городов принимаем равным 2%. Протяженность модернизируемой трассы 1133 км.

Количество населения H_t, чел., с учетом среднего прироста определяется по формуле:

$$H_t = H_0\left(1+\frac{p}{100}\right)^t, \qquad (2.1)$$

где H_0 – число жителей на год последнего исследования, человек;

p – средний годовой прирост населения в данной местности, в процентах;

t – период, определяемый как разность между назначенным годом перспективного проектирования и годом проведения подсчета населения, год.

Год перспективного проектирования принимаем на 5 лет вперед, следовательно:

$$t = 5 + (t_n - t_0), \tag{2.2}$$

где t_n – год составления проекта;

t_0 – год, к которому относятся данные о населении.

Используя формулы (2.1) и (2.2) рассчитаем численность населения в населенных пунктах:

$$t = 5 + (2013 - 2012) = 6 \text{ лет.}$$

Талдыкорган составило 132 600 человек, а в Усть-Каменогорске – 308 918, население промежуточных пунктов, таких как Уштобе - 24759, Жансугуров - 8352, Ушарал - 17620, Уржар - 16 438, Аягоз - 41 593, Георгиевка (Калбатау) - 14 950 человек.

$$H_{Талдыкорган} = 132600\left(1 + \frac{2}{100}\right)^6 = 149330 \text{ чел.;}$$

$$H_{Уштобе} = 24759\left(1 + \frac{2}{100}\right)^6 = 27879 \text{ чел.;}$$

$$H_{Жансугуров} = 8352\left(1 + \frac{2}{100}\right)^6 = 9405 \text{ чел.;}$$

$$H_{Ушарал} = 17620\left(1 + \frac{2}{100}\right)^6 = 19841 \text{ чел.}$$

$$H_{Уржар} = 16438\left(1 + \frac{2}{100}\right)^6 = 18510 \text{ чел.}$$

$$H_{Аягоз} = 41593\left(1 + \frac{2}{100}\right)^6 = 46834 \text{ чел.}$$

$$H_{Георгиевка} = 14950\left(1 + \frac{2}{100}\right)^6 = 16844 \text{ чел.}$$

$$H_{Усть-Каменогорск} = 308918\left(1 + \frac{2}{100}\right)^6 = 347842 \text{ чел.}$$

Степень такой заинтересованности в связи отдельных групп населения городов зависит как от политических, так и экономических, культурных, а так же социально-бытовых отношений между данными группами населения, а так

же районами и областями. Данные взаимосвязи выражаются через коэффициент тяготения f_m, который изменяется в пределах от 0,1% до 12%. Возьмем f_m, равным 10%.

Расчет количества телефонных каналов междугородной связи осуществляется по формуле:

$$n_{mф} \approx \alpha_1 \cdot f_T \cdot \gamma \cdot \frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} + \beta_1 , \qquad (3)$$

где α_1 и β_1 – постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям, $\alpha_1 = 1{,}3$; $\beta_1 = 1{,}6$ (потери задаются, равными 5%);

γ – удельная нагрузка, то есть средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом, $\gamma = 0{,}05$ Эрл;

m_a и m_b – количество абонентов, обслуживаемых автоматическими междугородными телефонными станциями (АМТС).

Согласно промежуточным итогам реализации крупных проектов по телефонизации СНП в Восточно-Казахстанской области на 2013 год количество абонентов составляет 75% от общей численности населения. Количество пользователей услуг ШПД – 11%.

Таким образом, коэффициент оснащенности данного населения телефонными аппаратами возьмём равным 0,75 и произведем расчет согласно формуле:

$$m = 0{,}75 \cdot H_t . \qquad (2.4)$$

Согласно формулы (2.4) произведем расчет количества абонентов в зоне обслуживания АМТС:

Для Талдыкорган: $m_1 = 0{,}75 \cdot 149330 = 111998$ абонентов;

Для Уштобе: $m_2 = 0{,}75 \cdot 27879 = 20910$ абонентов;

Для Жансугурова: $m_3 = 0{,}75 \cdot 9405 = 7054$ абонентов;

Для Ушарала: $m_4 = 0{,}75 \cdot 19841 = 14881$ абонентов.

Для Уржара: $m_5 = 0{,}75 \cdot 18510 = 13883$ абонентов.

Для Аягоза: $m_6 = 0{,}75 \cdot 46834 = 35126$ абонентов.

Для Георгиевки: $m_7 = 0{,}75 \cdot 16844 = 12633$ абонентов.

Для Усть-Каменогорска: $m_8 = 0{,}75 \cdot 347842 = 260882$ абонентов.

Согласно формулы (2.3) определим количество телефонных каналов для проектируемой линии:

$$n_{\text{тлф Талдыкорган-Уштобе}} = 1{,}3 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}05 \cdot \frac{111998 \cdot 20910}{111998 + 20910} + 1{,}6 = 117 \text{ канала.}$$

$$n_{\text{тлф Уштобе-Жансугуров}} = 1{,}3 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}05 \cdot \frac{20910 \cdot 7054}{20910 + 7054} + 1{,}6 = 36 \text{ канал.}$$

$$n_{\text{тлф Жансугуров-Ушарал}} = 1{,}3 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}05 \cdot \frac{7054 \cdot 14881}{7054 + 14881} + 1{,}6 = 33 \text{ канала.}$$

$$n_{\text{тлф Ушарал-Уржар}} = 1{,}3 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}05 \cdot \frac{13883 \cdot 14881}{13883 + 14881} + 1{,}6 = 49 \text{ канала.}$$

$$n_{\text{тлф Ушарал-Аягоз}} = 1{,}3 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}05 \cdot \frac{35126 \cdot 14881}{35126 + 14881} + 1{,}6 = 70 \text{ канала.}$$

$$n_{\text{тлф Аягоз-Георгиевка}} = 1{,}3 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}05 \cdot \frac{35126 \cdot 12633}{35126 + 12633} + 1{,}6 = 62 \text{ канала.}$$

$$n_{\text{тлф Георгиевка-Усть-каменогорск}} = 1{,}3 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}05 \cdot \frac{260882 \cdot 12633}{260882 + 12633} + 1{,}6 = 80 \text{ канала.}$$

С учетом организации других видов связи, таких как интернет, передача данных, газет, сигналов телевещания произведем расчет общего числа каналов по формуле:

$$n_{общ} = n_{тлф} + n_{тг} + n_{в} + n_{пд} + n_{г} + n_{тв}, \qquad (2.5)$$

где $n_{тлф}$ – число двухсторонних каналов для телефонной связи;

$n_{тг}$ – число каналов тональной частоты (ТЧ) для телеграфной связи;

$n_{в}$ – число каналов ТЧ для передачи сигналов вещания;

$n_{пд}$ – число каналов ТЧ для передачи данных;

$n_{г}$ – число каналов ТЧ для передачи газет;

$n_{тв}$ – число каналов ТЧ или ОЦК, исключаемых из передачи телефонной информации для организации одного канала телевидения.

Количество каналов для организации связи с разными услугами связи п может быть выражен через количество телефонных каналов, например: 1 TV канал равен 1600 телефонных каналов; 1 телеграфный канал равен 1/24 телефонных каналов; 1 канал для передачи кабельной вещание равен 3 телефонных каналов и.т.д.

Таким образом, суммарное количество каналов между терминальными точками можно выразить в телефонных каналах согласно формуле:

$$n_{AB} \approx 2n_{тлф} + n_{тв} = 2n_{тлф} + 3200 \qquad (2.6)$$

Тогда, общее число каналов, которые необходимы для организации связи будут рассчитаны следующим образом:

$$n_{общ} = 2(117 + 36 + 33 + 49 + 70 + 62 + 80) + 3200 = 4094 \text{ канала}$$

Тридцать телефонных каналов 64кб/с образуют один цифровой поток Е1. Тогда, имеем 137 потоков Е1.

Произведем расчет необходимой скорости цифрового потока согласно формуле (2.7):

$$S_{треб} = 2{,}048 \cdot N_{ПЦТ}, \qquad (2.7)$$

где 2,048 Мбит/с – скорость передачи одного ПЦТ;
$N_{ПЦТ}$ – число необходимых ПЦТ.

Скорость цифрового потока будет стандартной и должна удовлетворять следующему условию (2.8):

$$S_к \geq S_{треб} \cdot К_р, \qquad (2.8)$$

где $К_р$ – коэффициент запаса на дальнейшее развитие сети (1,4…1,5). Выберем максимальное значение коэффициента равным 1,5.

$$S_{треб} = 2{,}048 \cdot 137 = 280{,}58 \text{ Мбит/с},$$

$$S_к \geq 280{,}58 \cdot 1{,}5$$
$$S_к \geq 420{,}9 \text{ Мбит/с}$$

Произведем выбор уровня иерархии STM и синхронного мультиплексора исходя их рассчитанного коэффициента в соответствии со следующими иерархиями:

STM-1 – 155,520 Мбит/с,
STM-4 – 622,08 Мбит/с,
STM –16 – 2488,32 Мбит/с (2,488 Гбит/с),

STM-64 – 9,953 Гбит/с,

Исходя из расчетов, выбрана транспортная платформа, уровня STM-4 со скоростью 622,08 Гбит/с. Тогда, проектируемая транспортная сеть SDH будет обладать высокой пропускной способностью и иметь возможность её дальнейшего наращивания.

Для обеспечения взаимодействия различных частей народного хозяйства, общественно-политической и социальной сфер районов РК, необходимо следующее распределение каналов между пунктами Талдыкорган-Усть-Каменогорск (Таблица 2.1):

Т а б л и ц а 2.1 – Данные о проектируемом распределении каналов между пунктами Караганда-Шахтинск

Количество каналов	Назначение	Сфера обслуживания
Талдыкорган		
1…1500	IP-телефония	Междугородняя связь
1501…3000	Интернет, видео-, аудиоконференцсвязь проводное вещание,	Государственное управление, промышленный комплекс, здравоохранение, топливно-энергетический комплекс
3001…4094	Аренда каналов, масштабируемость	
Уштобе		
1…2000	IP-телефония	Междугородняя связь
2001…2500	Интернет, конференцсвязь, кабельное телевидение, транзит	Государственное управление, промышленный комплекс, здравоохранение
2501…4094	Аренда каналов, масштабируемость	
Жансугуров		
1…2500	IP-телефония	Междугородняя связь
2501…2800	Интернет, проводное вещание, кабельное телевидение, транзит	Промышленный комплекс, наука
2801…4094	Аренда каналов, масштабируемость	

Продолжение таблицы 2.1

Количество каналов	Назначение	Сфера обслуживания
Ушарал		
1…2400	IP-телефония	Междугородняя связь
2401…2900	Интернет, проводное вещание, кабельное телевидение, транзит	Промышленный комплекс, наука
2901…4094	Аренда каналов, масштабируемость	
Уржар		
1…2400	IP-телефония	Междугородняя связь
2401…2700	Интернет, проводное вещание, кабельное телевидение, транзит	Промышленный комплекс, наука
2701…4094	Аренда каналов, масштабируемость	
Аягоз		
1…1400	IP-телефония	Междугородняя связь
1401…3700	Интернет, проводное вещание, кабельное телевидение, транзит	Промышленный комплекс, наука
3701…4094	Аренда каналов, масштабируемость	
Георгиевка (Калбатау)		
1…2400	IP-телефония	Междугородняя связь
2401…2700	Интернет, проводное вещание, кабельное телевидение, транзит	Промышленный комплекс, наука
2701…4094	Аренда каналов, масштабируемость	

3.2 Выбор системы передачи

3.2.1 Выбор фирмы производителя оборудования SDH

Сегодня к телекоммуникационным сетям предъявляются повышенные требования. Все больше пользователей стремятся получить увеличение их мощности и разнообразные услуги. Расширение видов трафика требует более

гибких методов передачи. Увеличение количества линий приводит к увеличению объема. Техобслуживания и повышению накладных расходов. Такое положение ставит мировые телефонные компании перед следующим выбором: закупать больше оборудования или закупать оборудование с большими возможностями.

Основным подрядчиком при строительстве Транс-Азиа-Европейской магистрали (ТАЕ), Национальной Информационной Супермагистрали (НИСМ) является акционерное общество «Cisco», являющееся одним из мировых лидеров по производству продукции в области электроники, информатики и электротехники. Так как при строительстве ТАЕ в основном использовалась продукция «Cisco», это дает возможность ей заявлять, что она «проложила самый длинный в мире оптический кабель».

Таким образом, для облегчения стыков магистралей и полагаясь на опыт и мировое качество «Cisco», лучше всего выбрать оборудование этой фирмы. Фирма «Cisco» является одной из ведущих компаний в области электроники и электротехники. Более 400000 сотрудников этой фирмы прзрабатывают и производят самые разнообразные изделия, проектируют и монтируют системы и оборудования, а также оказывают своим заказчикам ориентированные на их потребности услуги.

На мировом рынке лидируют 11 наиболее крупных компаний-поставщиков оборудования SDH: Siemens, Alcatel, AT&T, Ericsson и др. Практически все эти компании представлены на казахстанском рынке. Активность компаний-поставщиков в последнее время значительно возросла, заключаются контракты на поставки оборудования различного класса, счет идет уже не на десятки, на сотни комплектов оборудования SDH.

Стандарт SDH был разработан с целью более эффективного использования волоконно-оптической технологии. Фирма «Cisco» оптимально использует стандарт SDH путем сочетания современной электроники и техники программирования с целью создания телекоммуникационной системы с единственными в своем роде характеристиками скорости, гибкости и стоимости. В частности системы SDH «Cisco» позволяют осуществить плавный, рассчитанный на будущее, переход от сегодняшних плезиохронных к завтрашним синхронным цифровым сетям со всеми присущими или рабочими преимуществами. Так, например, высокоскоростные системы SDH могут устанавливаться в региональных и национальных сетевых центрах и эффективно взаимодействовать с существующим плезиохронным оборудованием доступа к местной сети.

Установка оборудования SDH приносит владельцам этих сетей экономию прямых затрат, так как дает им возможность осуществлять контроль, обеспечение и техобслуживание сети через дескриптор секции SDH, поскольку системы «Cisco» SD реально сокращают объем необходимого сетевого оборудования, что также дает значительную экономию по сравнению с плезиохронным оборудованием с учетом всего срока службы системы. Продукция SDH была создана с учетом стандарта, предусматривающего:

– модульную архитектуру для простого и экономического развертывания синхронной цифровой иерархии;

– конструкцию, обеспечивающую динамическое развитие с целью удовлетворения всех растущих требований;

– средства для создания реально жизнеспособной системы.

Данные от государственных и частных телекоммуникационных компаний были ключевым элементом при разработке систем SDH. Положение мирового лидера в области телекоммуникационного оборудования дало возможность корпорации «Cisco» приобрести уникальный опыт и компетенцию в области развития сетей.

Учитывая самостоятельную разработку схем и программного обеспечения, интенеры этой фирмы могут быстро удовлетворять рыночный спрос, предлагая рентабельное высокоэффективное оборудование.

Большие инвестиции в SDH, составляющие тысячи человеко-лет, а также своевременный выбор стандарта SONET дали возможность фирме «Cisco» выпускать продукцию, одинаково эффективную на практике и в концепции.

3.2.2 Технические характеристики оборудования

Таким образом, полагаясь на опыт и мировое качество «Cisco», выбираем оборудование этой фирмы. Так как мы будем использовать мультиплексоры уровня STM-4, что соответственно приведем в таблице 3.1 его основные технические харак

Каналы доступа трибных интерфейсных карт. Для мультиплексоров любого уровня каналы доступа могут быть электрическими (PDH) или оптическими (SDH). Для каналов доступа PDH стандартный набор скоростей 2, 34, 140 Мбит/с соответствует европейской иерархии, но обычно не включает 8 Мбит/с. Наличие оптических каналов доступа позволяет использовать мультиплексоры в качестве регенераторов в линейных трактах SDH, а также в схемах соединения колец разного уровня.

Число портов на трибной интерфейсной карте. Ранее интерфейсные карты для каналов 2 Мбит/с, как правило, имели 16 портов. Поэтому для максимального использования возможностей мультиплексоров уровня STM-1 по обработке каналов 2 Мбит/с требовалось 4 карты. Число портов на современных картах увеличено до 21, что позволяет обрабатывать тот же поток тремя картами. В освободившееся гнездо включают карту для других каналов доступа или дополнительных каналов 2 Мбит/с. На карте для каналов 34/45 Мбит/с обычно бывает 3 порта, а для каналов 140/155 Мбит/с - 1.

Число интерфейсных карт и тип защищенного режима по входу. В скобках числа относятся к основным и резервным картам, причем число последних должно соответствовать схеме защиты каналов доступа. Например, если в типе защищенного режима по входу указано “1 : 4”, то для защиты четырех карт используется только одна резервная карта (25%-ное резервирование), если “1 : 1”, то 100%-ное резервирование.

Таблица 3.1 – Технические характеристики оборудования

Показатель	Характеристики
STM-4	
Модель	SMA-4
Каналы доступа: PDH, Мбит/с	2, 34, 140
Каналы доступа: SDH, Мбит/с	155, 622
Число портов на трибной интерфейсной карте для каждого триба, Мбит/с	16 (2); 3 (34);1 (140);
	1 (155); 1 (622)
Число трибных интерфейсных карт	9 (8 + 1)
Тип защищенного режима по входу	8:0, 8:1
Максимальная нагрузка на мультиплексор	126x2/12x34/16x140
	6x155/4x622
Линейные каналы (агрегатный выход), Мбит/с	155 (эл., опт.) 622 (опт.)
Тип защищенного режима по выходу	1+1
Тип локальной коммутации каналов доступа	Т-л, т-т, л-л
Возможности неблокируемой кросс-коммутации	1512x2 Мбит/с
	-
Варианты использования оборудования	TM, R, ADM – л.к.
Размеры компактных блоков в стойке (ВхШхГ), мм	950x450x280
Максимальное число мультиплексоров, управляемых ЭМ	256
Тип используемой синхронизации	ETSI
	2,2 x 0,6 x 0,3
Тип стойки, размеры (ВхШхГ)	в.т., с.т., т.с., л.с.

Максимальная нагрузка на мультиплексор (в защищенном режиме). Данная характеристика указывает максимальное число обслуживаемых каналов по каждому типу канала отступа в отдельности. Эта характеристика связана с возможностями кросс-коммутации и системы управления.

Тип локальной коммутации каналов доступа. В этой графе в таблице указаны 3 возможных варианта локальной коммутации: канал доступа - линия (к-л), канал доступа - канал доступа (к-к) и линия-линия (л-л).

Возможности неблокируемой кросс-коммутации. Эта возможность, обозначенная в таблице характеризуется или эквивалентным числом потоков STM-N, или потоков 2 Мбит/с, или же уровнем коммутируемых виртуальных контейнеров (VC), и обычно согласуется с максимальной нагрузкой на мультиплексор и характеризует возможности кросс-коммутации самого мультиплексора. Однако, при блочном построении мультиплексора она может характеризовать возможности матрицы кросс-коммутатора как блока. Возможности кросс-коммутации в два раза выше максимально-возможного числа коммутируемых каналов 2 Мбит/с: для STM-1-126 (2 х 63), для STM-4/16-504 (2 х 4 х 63) или 1008 (4 х 4 х 63) каналов.

Варианты использования оборудования. Мультиплексоры могут выполнять функции терминальных мультиплексоров (TM), концентраторов (H) регенераторов (R), мультиплексоров ввода/вывода (ADM), используемых, в свою очередь, в линейных трактах или топологии “кольцо”. Некоторые модули мультиплексоров уровня STM-16 используются в вариантах TM и R или не используются в топологии “кольцо”.

Максимальное число мультиплексоров, управляемых ЭМ. Это число обычно не публикуется в проспектах компании, но является важной эксплуатационной характеристикой. Она зависит и от многих факторов, в том числе и от емкости оперативной памяти ПК. Системы управления и допустимого объема базы данных оборудования, создаваемой ЭМ.

Тип синхронизации. Учитывая важность процесса синхронизации для систем SDH, мультиплексоры имеют несколько дублирующих систем синхронизации. Обычно используются четыре источника сигнала синхронизации:

– сетевой таймер, в качестве которого используется внешний генератор синхросигнала 2048 кГц;

– сигнал канала доступа, в качестве которого в принципе может использоваться сигнал с любого триба 2048 Кбит/с;

– линейный сигнал, в качестве которого может использоваться сигнал с любого STU (любой STM-N);

– внутренний таймер, в качестве которого используется внутренний генератор синхросигнала 2048 кГц.

Тип стойки и номенклатура блоков. Стойка обычно имеет 2 или 3 полки для размещения компактных блоков оборудования. Оборудование SDH выпускается в стойках двух стандартов: европейского (2,2 х 0,6 х 0,3 м) или американского, помеченного в таблице как IEC-297. Блоки делятся на две части. Верхняя часть представляет собой специальную область интерфейсов связи, где находятся внешние интерфейсные карты. Нижняя часть, оборудованная одной или двумя полками, служит для размещения сменных блоков. Мультиплексоры имеют блочную конструкцию, причем все сменные блоки взаимодействуют через внешнюю шину. Сменные блоки делятся на 5 категорий:

– синхронные интерфейсные блоки (или блоки линейных выходов) SIU$

– интерфейсные блоки каналов доступа TIU;

– центральные блоки SSU, BCU, MSU;

– коммутирующие согласующие блоки BBU, SMU, PPU;

– специализированные блоки, например, блок связи с секционным заголовком OAU.

Обычно в комплекте со сменными блоками используется 5 типов интерфейсных карт:

– SCI для связи каналов данных с блоками SIU и проведения тестирования;

– TSI, используемые как внешний интерфейс между каналами доступа и блоками TIU;

– MCI для связи портов синхронизации с блоком центрального генератора синхросигнала CCU, а также портов ПК и ЛВС с блоками управления и связи MCU;

– OAI для связи между каналами данных и блоками OAU;

– OWI для связи служебных каналов с блоками OAU.

3.2.3 Используемая аппаратура и краткие сведения о ней

Можно выделить пять групп оборудования SDH:

– синхронные мультиплексоры – SMUX или SM;

– оборудование линейных трактов – SL;

– кросс-коммутаторы или кросс-контейнеры - SxC;

– синхронные радиорелейные линии – SR;

– системы управления.

Наиболее широко используются мультиплексоры, которые применяются в линейных трактах и кросс-коммутаторы.

Построение линейного тракта возможно по двум вариантам. Для обеспечения требуемой емкости магистрали используем аппаратуру SL-4 (Synchronous Line equipment for STM-4 signals). В первом варианте в качестве оборудования регенерационного пункта используется аппаратура SLR-4 (Synchronous Line Regenerator). Во втором варианте используется аппаратура SLT-4 (Synchronous Line Terminal) совместно с SMA-1/4. На рисунке 3.1 представлена схема организации линейного тракта с использованием SLR-4, а на рисунке 3.2 с использованием SLT-4.

Затраты на построение линейного тракта с применением SLR-4 меньше, чем с использованием SLT-4. Однако использование в регенерационных пунктах аппаратуры SLT-4 позволяет организовывать в них выделение групп каналов, которые могут состоять из потоков со скоростью передачи 2Мбит/с, 8 Мбит/с, 34 Мбит/с, 140 Мбит/с, 155 Мбит/с. Причем выделение потоков со скоростью передачи 155 Мбит/с может происходить как в электрическом виде, так и в оптическом. Поэтому, на основании

вышеизложенного, выгоднее использовать второй вариант построения линейных трактов. Данный вариант позволит создавать в регенерационных пунктах доступ внутризоновым сетям к Национальной первичной сети.

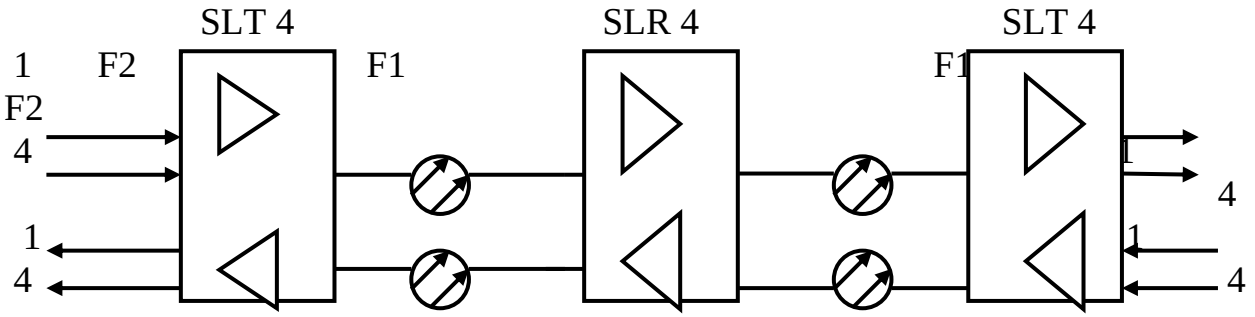

Рисунок 3.1 – Структура линейного тракта с использованием SLR-4

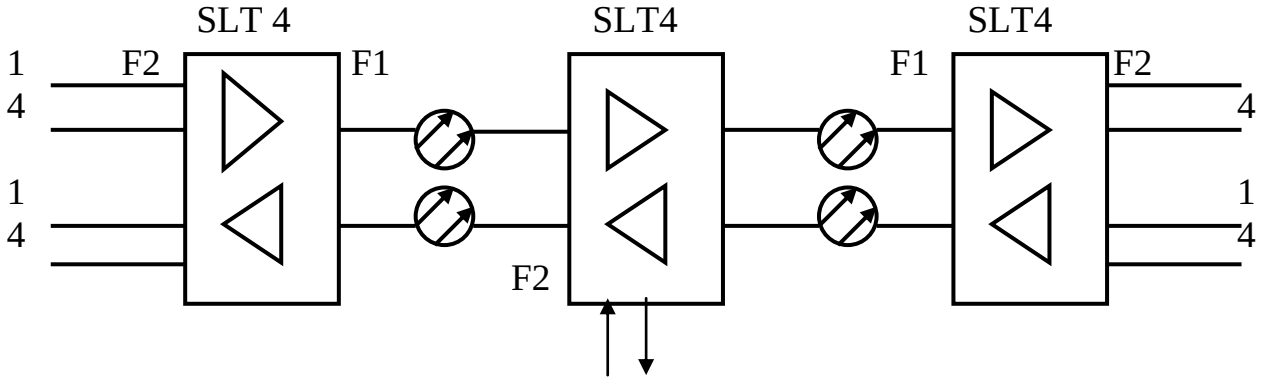

Рисунок 3.2 – Структура линейного тракта с использованием SLT- 4

3.2.4 Выбор и характеристика мультиплексора

SMA-4 представляет собой объединенные мультиплексор, коммутатор маргирутизации и систему оптической связи на 622 Мбит/с для передачи сообщений в широком диапазоне частот, занимающие одну кассету. SMA-4 является синхронным мультиплексором, разработанным для использования в сетях связи, основанных на стандарте мультиплексирования синхронных цифровых иерархических сигналов SDH, и может быть использован в существующих сетях, базирующихся на PDH. SMA соответствует всем рекомендациям МККТТ.

Он может быть сконфигурирован как мультиплексор ввода/вывода, оконечный и концентрирующий мультиплексор и представляет собой гибкий временной коммутатор с функциями мультиплицирования и маршрутизации, с интегральными окончаниями STM-4 (622 Мбит/с), вместе с комплексными схемами резервирования для линейной нагрузки (первичной) и трибутарной нагрузки (вторичной). Трибутарные порты имеют ряд интерфейсов, включая интерфейсы STM-1, STM-4 и линейные модули.

Устройство может быть скомпановано для различных приложений путем выбора комбинации плат и программного управления. Оборудование обеспечивает коммутацию сообщений в широком диапазоне частот, главным образом для кольцевой топологии сети связи, в виде цепочки, а также в режиме точка-точка. Оборудование также может быть снабжено коммуникационными портами на 2 Мбит/с, 34 Мбит/с, 140 Мбит/с для притоков сигналов и на 155 Мбит/с и 622 Мбит/с для линейных портов и притоков. Возможны варианты оптических и электрических портов.

Оборудование может работать на существующих плезиохронных сетях связи в качестве прямой замены для одной и 565 Мбит/с линейных систем и их соответствующих мультиплексоров. На сетях, основанных на SDH, данные мультиплексора SMA-4 предлагают операторам сетей значительную гибкость для удовлетворения будущих требований по передаче информации.

Синхронные мультиплексоры имеют модульную структуру, поэтому посредством простого добавления или удаления блоков они могут быть легко приспособлены к заданным условиям (в качестве мультиплексоров вставки/выделения, мультиплексоров кросс-соединения или оконечных мультиплексоров с необходимым числом оптических и электрических интерфейсов в каждом случае). В большинстве случаев, в синхронных мультиплексорах SMA-4 и SMA-1 используются одни и те же компоненты.

SMA-4 представляет собой субблок с задней панелью, куда вставляются блоки синхронизации, блок сетевого фильтра, блок вспомогательных интерфейсов, блок панельного дисплея субблока и линейный оконечный блок аварийных сигналов. В субблок вставляются ряд базовых врубных блоков (плат) и дополнительные блоки, определяемые требованиями пользователя. Термин «дополнительные блоки» включает дублирующие блоки, а также базовые блоки, используемые при резервировании. Базовыми блоками является плата контроля мультиплексора, плата переключателя и блок питания. Блоками, определяемыми пользователем, является плата связи, плата оптического мультиплексора, плата электрического мультиплексора, трибутарная плата « Мбит/с и вариант симметричных или несимметричных линейных оконечных блоков « Мбит/с.

Любой SMA-4 может быть сконфигурирован для использования в различных сетевых вариантах, определяемых нуждами пользователя:

– использование в качестве мультиплексора ввода/вывода в конфигурациях «кольца» и «цепочки» для обеспечения разделения нагрузки, объединения и резервирования 2 Мбит/с сигналов и другой цифровой нагрузки. Мультиплексор ввода/вывода – это главный вариант использования SMA-4. В этом режиме сигналы могут быть выведены и введены через трибутарные порты или проключены между линейными портами. В этой конфигурации: если SMA является частью кольцевой сети, он может функционировать как главный кольцевой мультиплексор, обеспечивать точку доступа для синхронизации и большую часть сетевого трафика, независимо от того сконфигурирован ли он как главный сетевой мультиплексор, также он

может быть дополнен платой связи и функционировать как шлюзовый мультиплексор, то есть обеспечивать доступ к сети, терминалу управления элементами сети;

– использование в качестве оконечного мултиплексора, обеспечивающего 1+1 резервирования оптических линейных систем, для соединения «точка с точкой» или соединения ответвлений удаленного доступа по волокнам в кольцо или цепочку;

– использование в качестве волоконно-оптического сетевого узла для объединения и разделения нагрузки 2 Мбит/с на узловой станции в конфигурации «звезда», особенно от входящих волоконно-оптических линий STM-1;

– использование в качестве либо автономного кросс-соединителя, либо в качестве устройства для соединения до четырех SDH колец по 622 Мбит\С.

Контроль управления сетью производится посредством доступа через локальный или удаленный терминал. Это позволяет обеспечить подробную информацию об аварийных сигналах, сигналах состояния, а также о рабочих параметрах. Также с помощью рабочих терминалов производится управление конфигурацией для резервирования и маршрутизации тракта передачи нагрузки. Гибкость и модульная концепция семейства синхронных мультиплексоров SMA-4 предлагает операторам общую базу для расширения сетей с учетом будущих потребностей SDH. Также существует возможность доукомплектации оборудования для работы в STM-16 кольце.

Проведя анализ свойств магистрального оборудования технологии SDH различных компаний, учитывая экономические, качественные показатели, авторитет, а также тот факт, что данный тип оборудования уже часто используется многими компаниями (т.е. есть возможность интегрирования в уже существующую сеть), было выбрано оборудование Cisco типа ONS 15454 MSPP, что представляет собой единую платформу, поддерживающую как технологию SDH(SONET), так и технологию DWDM.

С использованием данного оборудования будет спроектирован магистральный участок сети ВОЛС Талдыкорган-Усть-Каменогорск и обеспечена работа в данных городах и близлежащих поселков.

3.2.5 Выбор конструкции оптического кабеля

Выбор ОК обуславливается условием прокладки ОК, типом волокна, а также числом волокон. В нашем случае кабель прокладывается в грунт, а также предусмотрены переходы через реки.

Характерными особенностями конструкции оптического кабеля должны быть:

– малые размеры и масса;
– большая строительная длина (4 – 6 км и более);
– малая величина километрического затухания;

– отсутствие необходимости содержания оптического кабеля под избыточным воздушным давлением;

– стойкость к электромагнитным (гроза, ЛЭП и др.) воздействиям.

Этим требованиям удовлетворяет оптический кабель с броней из круглых стальных проволок для подземной прокладки типа ОКЛК-01,выпускаемые ЗАО «Самарская оптическая кабельная компания». Кабель типа ОКЛК-01 (рисунок 3.3) предназначен для прокладки в трубах, коллекторах, кабельной канализации, грунтах всех категорий, на мостах, через болота, несудоходные реки.

Таблица 3.2 – Характеристики кабеля ОКЛК-01

Параметр	Значение
Количество ОВ	2-144
Диаметр кабеля, мм	15,0-28,5
Вес, кг/м	300-1800
Допустимое раздавливающее усилие, Н/см, не менее	1000
Допустимое растягивающее усилие, кН	7,0-8,0
Диапазон рабочей температуры	$40^0 \ldots +50^0$

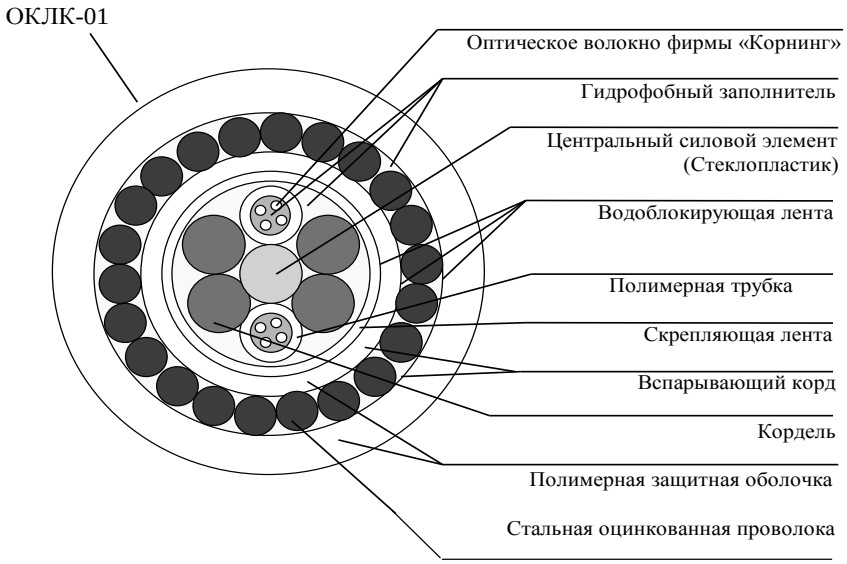

Рисунок 3.3 – Кабель типа ОКЛК-01

Центральный силовой элемент (ЦСЭ) представляет собой стеклопластиковый стержень.

Оптический модуль: пластмассовые трубки с четырьмя окрашенными одномодовыми оптическими волокнами, заполненными гидрофобным компаундом.

Кордель - заполнитель: полиэтиленовые стержни.

Сердечник: оптические модули и кордели - заполнители скручены вокруг ЦСЭ; пустоты сердечника заполнены гидрофобным компаундом.

Защита от влаги: водоблокирующая лента, наложенная продольно на сердечник кабеля. Промежуточная оболочка полиэтиленовая, толщиной не менее 1 мм.

Броня: повив круглых оцинкованных стальных проволок с заполнением гидрофобным компаундом.

Защитная оболочка: светостабилизированный полиэтилен, номинальной толщиной не менее 2,2 мм, пустоты в повивебронепроволок заполнены гидрофобным компаундом.

Таблица 3.3 – Технические параметры оптического волокна SMF-28™CPC6

Параметр	Значение		
Рабочая длина волны, нм	1310 1550		
Коэффициент затухания, дБ/нм, не более:			
- на длине волны 1310 нм	0,34		
- на длине волны 1550 нм	0,20		
Удельная хроматическая дисперсия:			
- на длине волны 1310 нм	<1,8		
- на длине волны 1550 нм	0,93		
Результирующая удельная полоса пропускания, МГц·км:	Δλ=2 нм	Δλ=4 нм	Δλ=35 нм
- на длине волны 1310 нм	>120000	61000	6900
- на длине волны 1550 нм	12600	6300	720
Коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм·км, не более:			
- в интервале длин волн (1285-1330) нм	3,5		
- в интервале длин волн (1530-1565) нм	18		
Наклон дисперсионной характеристики в области длины волны нулевой дисперсии, пс/нм^2·км, не более:			
- в интервале длин волн (1285-1330) нм	0,092		
Длина волны отсечки, нм, не более	1260		
Диаметр модового поля, мкм;			
- на длине волны 1310 нм	9,2±0,4		
- на длине волны 1550 нм	10,35±0,08		
Геометрия стекла:			
- собственный изгиб волокна	>4,0 м		
- диаметр отражающей оболочки - неконцентричность сердцевины	125,0±1,0 мкм <0,5 мкм		
- некруглость оболочки	1,0 %		

Оптическое волокно, используемое в оптических кабелях связи, обладает емкостью полмиллиона телефонных разговоров или 600 ТВ

цифровых каналов одновременно. Секрет такой емкости в чистоте кварцевого стекла, используемого для оптического волокна. Волокно состоит из сердечника, образованного легированным кварцевым стеклом, окруженного отражающей оболочкой из чистого кварцевого стекла. Слои акрилата защищают волокно и предохраняют от проникновения влаги и агрессивных химических соединений. Чистота и различные оптические свойства отражающей оболочки и сердечника позволяют направлять свет по волокну на расстояние, превышающее 300 км без усиления.

Кабель имеет внутреннюю пластмассовую оболочку, повив стальных проволок, наружную пластмассовую оболочку и оптический сердечник с ЦСЭ из стеклопластикового стержня, вокруг которого скручены шесть элементов (оптические модули и кордели заполнения); 36 одномодовых волокон; коэффициент затухания не более 0,36 дБ/км на длине волны 1,31 мкм и дисперсия 3,5 пс/(нмкм), коэффициент затухания 0,22 дБ/км на длине волны 1,55 мкм и дисперсия 18 пс/(нмкм); допустимое растягивающее усилие кабеля 7,0 кН.

3.3 Расчет линии связи

3.3.1 Определение пропускной способности проектируемой ВОЛС

Полоса пропускания оптического кабеля измеряется в (Гц·км) и определяется по формуле (3.1):

$$W = {0{,}44}/{\tau}, \qquad (3.1)$$

где τ – результирующая дисперсия оптического волокна, с/км, определяется по формуле (3.2):

$$\tau^2 = \tau^2_{mod} + \tau^2_{chr}, \qquad (3.2)$$

где τ_{mod} – межмодовая дисперсия, обусловленная различием скоростей распространения направляемых мод;

τ_{chr} – хроматическая (частотная) дисперсия, обусловленная некогерентностью источника излучения и зависимостью от длины волны показателя преломления волокна и коэффициента распространения моды.

В многомодовых оптических волокнах определяющей является межмодовая дисперсия, в одномодовых присутствует только хроматическая дисперсия.

Для одномодового оптического волокна пользуются значением дисперсии, нормированным на нанометр ширины спектра источника и километр длины волокна, которое называют удельной хроматической дисперсией.

Удельная дисперсия измеряется в пс/(нм·км). Хроматическая дисперсия, с/км, связана с удельной хроматической дисперсией соотношением (3.3):

$$\tau_{chr}(\lambda) = D(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \qquad (3.3)$$

где D(λ) – удельная хроматическая дисперсия, с/(нм·км);
Δλ – ширина спектра излучения источника, нм.

$$\tau_{chr}(\lambda)=3{,}5 \text{ (пс/нм·км)}$$

$$W=0{,}44/3{,}5\cdot10^{-12} = 0{,}125 \text{ Гц·км}$$

Пропускная способность кабеля рассчитывается как:

$$W_K = W/ L_{ОРП} \qquad (3.4)$$

$$L_{ОРП} = 1133 \text{ км};$$

$$W_K = 0{,}125\cdot10^{12} /1133= 11 \text{ МГц}$$

3.3.2 Расчет проектной длины регенерационного участка

Расчеты производятся для определения длины элементарных кабельных участков. Длины элементарных кабельных участков определяются по техническим параметрам используемой аппаратуры волоконно-оптической передачи и типом применяемых волоконно-оптических кабелей. Расчет длины элементарного кабельного участка (ЭКУ) выполняется по двум критериям: затуханию оптического волокна и суммарной дисперсии. Расчет элементарных кабельных участков по затуханию производится по следующей формуле:

$$L_У = \frac{Э - з - n_1 \cdot \alpha_1}{\alpha_p + \frac{\alpha_2}{l_{стр}}}, \text{ км} \qquad (3.5)$$

где Э – энергетический потенциал ВОСП, паспортная характеристика аппаратуры приема-передачи;

з – энергетический системный запас в ВОСП, используемый для компенсации потери мощности сигнала, связанной с проведением ремонтных и дополнительных работ на кабеле, ухудшением параметров оптического волокна и аппаратуры приема-передачи, а также других отклонений параметров участка в процессе эксплуатации, з = 6-10 дБ;

n1 – число разъемных соединений на участке, n1=11;

α1 – затухание разъемного соединения, α1=0,3 дБ;

α2 – затухание сварочного соединения; α2=0,05 дБ;

αр – рабочие затухание оптического волокна на длине волны 1550 нм,

αр = 0,22 дБ/км – для оптических волокон SMF28;

lстр – строительная длина оптического кабеля, lстр=6 км.

Энергетический потенциал ВОСП вычисляется по формуле:

$$Э = P_{in} - P_{out}, \text{ дБ}, \qquad (3.6)$$

где Pin – средний уровень оптического излучения, вводимого в оптическое волокно, для аппаратуры фирмы Cisco ONS 15454

Pin = +1 дБм;

Pout – уровень минимальной принимаемой мощности при коэффициенте ошибок 10-12, для аппаратуры Cisco ONS 15454 P_{out} = -31дБм.

$$Э = 1 - (-31) = 32 \text{ дБ}.$$

$$L_У = \frac{32 - 7 - 11 \cdot 0{,}3}{0{,}22 + \frac{0{,}05}{6}} = \frac{21{,}7}{0{,}2283} = 95{,}1 \text{ км}.$$

В результате расчета получаем, что не более чем через 95,1 километров участка Талдыкорган-Усть-Каменогорск должны быть установлены оптические усилители EDFA. Произведем расчет количества оптических усилителей на обоих направлениях по формуле:

$$N = L_{общ}/L_у, \qquad (3.7)$$

где $L_{общ}$ – общая протяженность волоконно-оптической кабельной линии,$L_{общ}$ =893 км;

$L_у$ – длина усилительного участка, $L_у$=108 км.

Подставляя значения в формулу (3.7), получим количество оптических усилителей на обоих направления:

$$N=1133/95{,}1=11{,}9\approx12 \text{ шт.}$$

Получаем, что 12 оптических усилителей нужно разместить на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск.

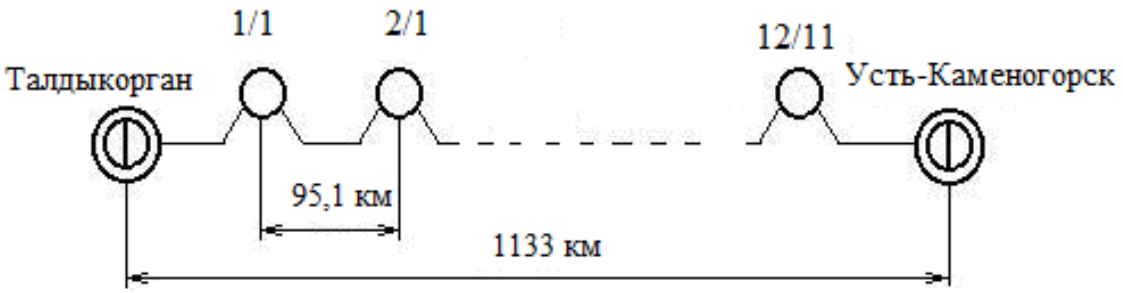

Рисунок 3.4 – Структура оптического линейного тракта на проектируемом участке

Для использования на проектируемом участке выберем оптический усилитель OPT-BST компании Cisco. Технические характеристики данной модели представлены в таблице 1.

Таблица 3.4 – Технические характеристики усилителя OPT-BST

Характеристика	Значение
Рабочий диапазон	1529-1562 нм
Мощность входного сигнала (все каналы)	-3–12 дБм
Максимальная мощность на выходе	17,5 дБм
Диапазон усиления	5–20 дБ
Порты входа/выхода	LC
Размер карты	1 слот (1–6 и 12–17)

Величину полных потерь в элементарном кабельном участке можно рассчитать по формуле:

$$A=\alpha i\cdot Li+\alpha pc\cdot Npc+\alpha nc\cdot Nnc,\ дБ \qquad (3.8)$$

где αi – коэффициент затухания оптического волокна в кабеле на i-ом участке (дБ/км);

αpc – затухание разъемного соединителя с учетом старения, αpc=0,5 дБ;

Npc – количество разъемных соединений на усилительном участке, Npc=2;

αnc – затухание на неразъемном соединении, αnc=0,02 дБ;

Nnc – число неразъемных соединений на усилительном участке.

Для определения количества неразъемных соединений на усилительном участке необходимо определить число строительных длин Nc волоконно-оптического кабеля на усилительном участке по формуле:

$$Nc=Li/Lстр, \qquad (3.9)$$

где Lстр – строительная длина волоконно-оптического кабеля, Lстр=6 км.

Тогда количество неразъемных соединений можно определить из условия:

$$N_{нс}=N_c-1 \quad (3.10)$$

На участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск:

$$N_c=L_i/L_{стр}=1133/6 = 189 \text{ шт.};$$

$$N_{нс} = 189-1 = 188 \text{ шт.}$$

$$A=\alpha_i\cdot L_i+\alpha_{рс}\cdot N_{рс}+ \alpha_{нс}\cdot N_{нс}=0{,}2\cdot 95{,}1+0{,}5\cdot 11+0{,}02\cdot 188=28{,}28 \text{ дБ.}$$

По результатам расчетов можно сделать вывод: затухания на элементарных кабельных участках можно компенсировать при помощи оптического усилителя OPT-BST компании Cisco.

С учетом энергетического потенциала системы произведём расчет допустимых потерь в волоконно-оптическом тракте:

$$a_{доп}= Э_П - a_\Sigma . \quad (3.11)$$

$$\alpha_{доп}=32 – 28{,}28 = 3{,}72 \text{ дБ.}$$

3.3.3 Расчет линии связи по дисперсии

Расчет элементарного кабельного участка (ЭКУ) по дисперсии выполняется при проектировании новых линий связи с целью определения расстояний, через которые устанавливаются регенераторы. В данном дипломном проекте предполагается, что проектируемая сеть DWDM привязывается к существующей сети SDH. Поэтому, нужно предусмотреть меры по компенсации накопленной по длине волоконно-оптической линии связи полной дисперсии.

Полное значение дисперсии определяется, как сумма хроматической и поляризационной модовой дисперсии:

$$TD=\tau CHR+\tau PMD, \quad (3.11)$$

где τCHR – полное значение хроматической дисперсии для волоконно-оптической линии связи;

τPMD – поляризационная модовая дисперсия.

Значение хроматической дисперсии может быть получено по формуле:

$$\tau CHR=D(\lambda)\cdot\Delta\lambda\cdot L, \quad (3.12)$$

где D(λ) – коэффициент хроматической дисперсии оптического волокна (пс/нм·км), паспортное значение волокна SMF28 в оптическом кабеле – 17 пс/нм·км;

Δλ – ширина полосы лазерного излучения (нм), паспортное значение оборудования передачи CiscoONS 15454 - 0,1 нм;

L – протяженность линии связи (км), L=1133 км.

Подставляя данные значения в формулу (15), получим значение полной хроматической дисперсии на направлении Актау-Атырау при организации сети DWDM по стандартным оптическим волокнам согласно рекомендации G.652:

$$\tau CHR = D(\lambda)\cdot\Delta\lambda\cdot L = 17\cdot 0{,}1\cdot 1133 = 1926{,}1 \text{ пс.}$$

Компенсация дисперсии происходит в пунктах установки оптических усилителей OPT-BST. Сигнал с кроссового шкафа поступает в компенсатор дисперсии, затем попадает в оптический усилитель OPT-BST. Благодаря чему на вход волоконно-оптической линии связи поступает сигнал, усиленный по мощности и компенсированный по накопленной дисперсии.

Поляризационная модовая дисперсия рассчитывается из выражения:

$$\tau_{PMD} = D_{PMD}\cdot\sqrt{L} = 0{,}5\cdot\sqrt{1133} = 17 \text{ пс,} \qquad (3.13)$$

где D_{PMD} – коэффициент поляризационной модовой дисперсии: 0,5 пс/км$^{1/2}$.

$$TD = 1926{,}1 + 17 = 1943{,}1 \text{ пс.}$$

Значение длины регенерационного участка составит:

$$l_{р.у.} \le \alpha_{доп}/\alpha \qquad (3.14)$$

$$l_{ру} \le 3{,}72/0{,}22 = 17 \text{ км}$$

На длину регенерационного участка накладывают ограничения дисперсионные характеристики волокна.

С учетом дисперсии оптического волокна длина регенерационного участка составит:

$$l_{р.у.мах.} = \frac{0{,}25}{\tau\cdot B} \qquad (3.15)$$

где B – требуемая скорость передачи информации, бит/с;

τ – значение хроматической дисперсии выбранного одномодового оптического волокна, с/км.

$$l_{руMAX} = 0{,}25/(17\cdot 10^{-12}\cdot 622{,}08\cdot 10^{6}) = 24 \text{ км}$$

С учетом всех расчетов, приведем структурную схему проектируемой трассы на рисунке 3.5.

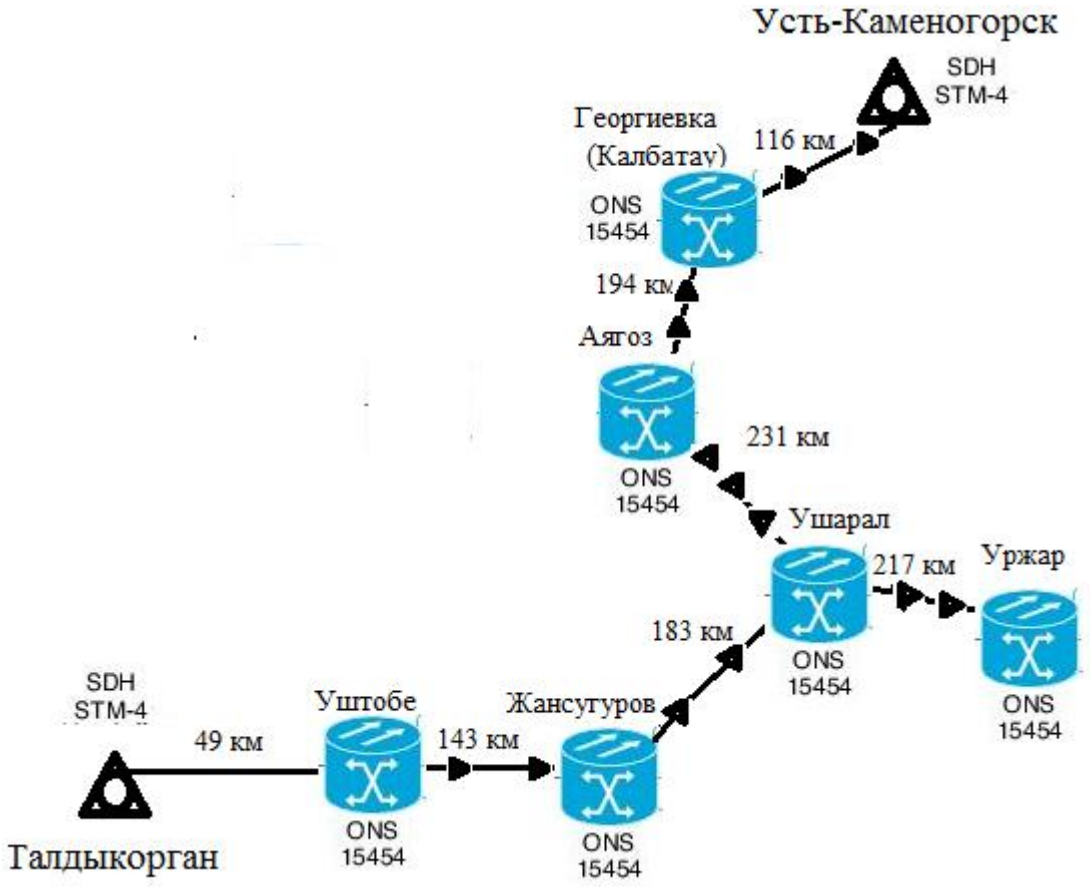

Рисунок 3.5 – Схема проектируемой трассы

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условий труда при проектировании цифровых систем передачи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск

В данном дипломном проекте осуществляется проектирование цифровых систем передачи на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск, путем внедрения DWDM технологии. В результате внедрения произведена замена существующего оборудования SDH на оборудование DWDM. Монтаж ВОЛС осуществляется на опорах линии электропередач вдоль автомобильной трассы.

Рассчитывается иерархия оборудования STM, для замены существующего, и выбирается тип оборудования для модернизации, а так же рассчитывается длина регенерационного участка, выбирается тип прокладываемого кабеля.

Проектирование обусловлено как спросом на международные и междугородние переговоры по более низкой цене, так и необходимостью в обеспечении высококачественной связью новые развивающийся районы.

Управление данным оборудованием ведется на узле коммутации, посредством персонального компьютера, имеющего прямой доступ к оборудованию. Данный центр управления сетью, находится в офисе Компании и обслуживается оператором и представляет собой помещение представляет собой двухэтажное здание с размерами:

L = 5,5 м, ширина B = 2,7 м, высота H = 3 м

На рисунке 4.1 показан план помещения.

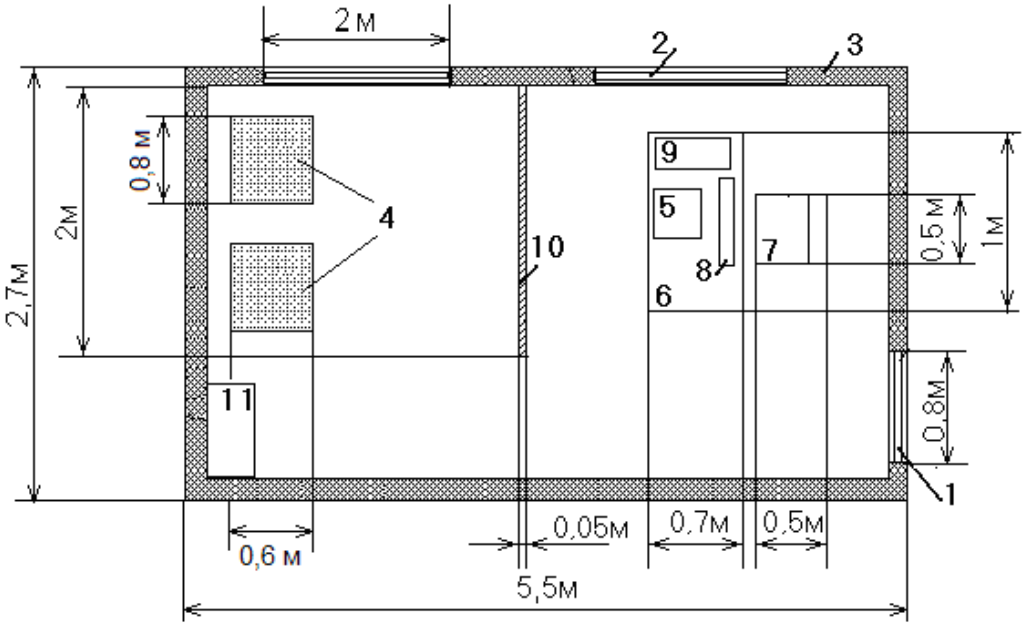

Рисунок 4.1 – План помещения

1 – дверь; 2 – окно; 3 – стена; 4 – статив; 5 – монитор; 6 – стол; 7 – стул; 8– клавиатура; 9 – системный блок; 10 – стеклянная перегородка; 11 – оборудование STM.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ "Воздух рабочей зоны, общие санитарно-гигиенические требования", работа людей в нашем помещении относится к первой категории (таблица 4.1):

Таблица 4.1 – Категории работ по энергозатратам организма

Работа	Категория	Энергозатраты организма, Дж/с (ккал/час)	Характеристика работы
Легкая физическая	I а	не менее 138	Производится сидя и не требует физического напряжения
	I б	138 – 172	Производится сидя, стоя или связана с ходьбой и сопровождается некоторым физическим напряжением

В здании STM модуля уровень опасных и вредных факторов не превышает установленных нормативов на рабочих местах и каждое рабочее место оператора максимально приспособлено для характера выполняемых работ. Помещение светлое, сухое и чистое, полностью соответствует санитарно-гигиеническим нормам. Уровень опасных и вредных факторов не превышает установленных нормативов на рабочих местах. Для поддержания оптимальных и стабильных климатических условий используются кондиционеры.

Расстояние между столами не менее 1,2 м. А минимальные размеры рабочего места оператора составляют: площадь – 6 м2.

Общая площадь помещения составляет – 45 м2. В зале находятся 7 рабочих мест для операторов АТС. Теперь определим размеры площади на каждое рабочее место и получим, что на каждое рабочее место приходится 6,43 м2, то есть соответствует нормам – 6 м2.

Таким образом, рабочее место оператора максимально приспособлено для характера выполняемых работ.

Так как это производственное помещение, освобожденное от демонтированного оборудования, используется заземление, проведенное ранее.

В помещении расположены два окна, и освещение соответствуют нормам. Анализируя освещенность рабочего места, можно сказать, что нужно правильно организовать искусственное освещение и регулярно проверять люксметром.

Микроклимат производственного помещения оказывает значительное влияние на работника. В зависимости от энергозатрат организма ГОСТ 12.1.005-76 ССБТ "Воздух рабочей зоны, общие санитарно-гигиенические требования" предусматривает 3 категории работ. В данном помещении работа относится к категории Iа – легкая физическая работа, где энергозатраты организма (расход энергии при выполнении работы) – 172 – 232 Дж/с, 150 – 300 ккал/ч – производится сидя и не требует физического напряжения. Оптимальные и допустимые параметры микроклимата для этой категории работ в теплый и холодный период года приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Параметры микроклимата для категории работ Iа

Нормы	Оптимальные			Допустимые		
Период работы	Температура воздуха, ˚С	Относит. влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более	Температура воздуха, ˚С	Относит. влажность, %, не более	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	22 – 24	30 - 60	0,1	21 - 25	80	0,1
Теплый	23 – 25	40 - 60	0,1	22 - 28	75	0,1 - 0,2

4.2 Расчет естественного освещения помещения

Зал имеет размеры: длина А=5,5 м, ширина зала В=2,7 м, высота Н=3 м. Высота рабочей поверхности над уровнем пола 0,8 м.

Нормированное значение КЕО приводятся для III пояса светового климата, для остальных поясов светового климата нормированное значение КЕО определяются по:

m – коэффициент светового климата, m=0,9;

C – коэффициент солнечного климата, если световые проемы в наружных стенах здания, то *c*=0,8.

$$E^{IV}_{н} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 0,864$$

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

При боковом освещении, определяют площадь световых проемов *S*, обеспечивающую нормированные значения КЕО, по формуле:

$$100 \cdot \frac{So}{Sn} = \frac{e_H^{IV} \cdot \eta_0}{\tau_0 \cdot r_1} \cdot K_{ЗД} \cdot K_З \qquad (4.1)$$

Из формулы (4.2) определим площадь светового проёма:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_H^{IV} \cdot \eta_0 \cdot K_{ЗД} \cdot K_З}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} \qquad (4.2)$$

где S_n – площадь пола помещения, S_n = B·L=14,85 м^2;

e_H – нормированное значение КЕО, e_H =1,2;

$K_З$ – коэффициент запаса, $K_З$ =1,3;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания, рассчитывается по формуле $\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4$

. Дтля стекла листового одинарного τ_1 = 0,9, для переплёта двойного раздельного τ_2 = 0,6, для железобетонной несущей конструкции τ_3 = 0,8, если имеются регулируемые жалюзи и шторы τ_4 = 1. Следовательно, общий коэффициент τ_0 = 0,432;

η_0 – световая характеристика окон;

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию. Принимаем $r_1 = 3,3$, $K_{ЗД} = 1,4$.

Определим η_0. Для этого определим:

Отношение длины к глубине

$$\frac{\alpha}{B_1} = \frac{5,5}{2} = 2,75$$

$$\frac{B}{h_1} = \frac{2,7}{2,5} = 1.08$$

где h_1 – высота от уровня рабочей поверхности до верха окна;

$$h_1 = 1+1.5=2.5 \text{ м.}$$

Отсюда $\eta_0 = 7,5$.

Подставляем все значения в формулу (4.3), получаем:

$$S_0 = \frac{14,85 \cdot 0.864 \cdot 7,5 \cdot 1.4 \cdot 1.3}{100 \cdot 0.432 \cdot 1,5} \approx 3м^2 \qquad (4.3)$$

Таким образом, т.к. предусматривалось одно окно, то площадь одного светового проема составляет 3 м2 .Исходя из того, что высота оконных проемов 1,5 м, следовательно длина их составит 3:1,5= 2 м.

Таким образом, площадь светового проема составит 3 м² (2×1,5). Имеем одно окно с одной стороны. Схема расположения оконных проемов в автозале показана на рисунке 4.2.

В помещении предполагается, разместить следующее телекоммуникационное оборудование :

– однополочный статив – 2шт;
– персональный компьютер.

Так как все оборудование имеет сертификаты, то класс профессионального риска определяем как минимальный.

Электроустройства в отношении мер безопасности относятся к устройствам с рабочим напряжение до 1 кВ.

По степени опасности поражения электрическим током помещение относится к классу без повышенной опасности, поскольку оно соответствует требованиям:

– с нормальной температурой;
– с изолированными полами;
– беспыльное;
– не имеет заземленных предметов;

Однако существует вероятность поражения током постоянной частоты обслуживающего персонала. При замене блоков питания, блоков коммутации и т.п. в оборудовании, возможны случайные прикосновения к

неизолированным электрическим частям, находящимся под напряжением питания (48 В). Это напряжение опасно для жизни. Поэтому данное оборудование необходимо заземлять. Ниже приводится расчет заземления.

По характеру окружающей среды помещение относится к классу "нормальных", относительная влажность воздуха не превышает 60%. По степени доступности оно относится к категории электротехнических, т.е. доступ к оборудованию осуществляется только электротехническим персоналом.

4.3 Расчет искусственного освещения

Расчет искусственного общего освещения выполняется по методу коэффициента использования светового поток . Размеры объектов различения находятся в пределах 1-5 мм, разряд зрительной зоны работы определен пятой малой точности, поэтому будет экономична система общего освещения, при которой светильники располагаются в верхней зоне, обеспечивающей равномерную освещенность рабочего помещения площадью 14,85 м2, высотой 3 м.

На основании этих требований проведем расчет системы общего освещения рабочего места оператора ЭВМ. Расчет будем проводить по световому потоку, так имеется заданное значение освещенности документа 500 лк.

Нормируемая минимальная освещенность определяется по формуле :

$$E_{\min} = \frac{F_Л n \eta Z}{SK}, \qquad (4.4)$$

где Fл – световой поток одной лампы;

n – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока, т.е. доля светового потока всех ламп, падающая на освещаемую поверхность;

Z – коэффициент неравномерности освещения;

S = A · B – площадь поля освещаемого помещения;

K – коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности в процессе эксплуатации системы освещения (загрязнение светильников, старение ламп).

Коэффициент использования светового потока представляет собой отношение светового потока, достигающего освещаемой поверхности, к полному световому потоку в помещении. Зависит от коэффициентов отражения стен ρс и потолка ρп, показателя помещения, который вычисляется по формуле:

$$\varphi = \frac{A \cdot B}{H_P \cdot A + B}, \qquad (4.5)$$

где Hр – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (условно рабочей поверхностью считается горизонтальная поверхность на высоте 0,8 м. от пола). Люминесцентные светильники рекомендуется устанавливать на высоте 2.5 - 4 м.

Так как нормируется минимальная освещенность рабочей поверхности, то при расчетах вводится коэффициент неравномерности освещения z. Для люминесцентных ламп z = 0.9.

Задавшись числом ламп, из формулы (4.1) имеем:

$$F_Л = \frac{E\min \cdot S \cdot K}{Z \cdot \eta}, \qquad (4.6)$$

Для этой категории работ при общем освещении наименьшая освещенность Emin = 300 лк (люкс).

Коэффициент пульсации освещенности не более 15 %.

Коэффициент запаса K = 1,5.

Коэффициент неравномерности освещения z = 0,9.

Пусть диспетчерская – помещение, где установлены ПЭВМ имеет следующие размеры: длина А = 5,5 м, ширина В = 2,7 м, высота Н = 3 м.

Подвесной потолок оборудован светильниками АОД (двухламповыми с люминесцентными лампами ЛБ-40).

Коэффициенты отражения светового потока от стен и потолка соответственно равны: рст =50%, рпт = 70%.

Определим необходимое число светильников при общей системе освещения.

Для помещения с ЭВМ уровень рабочей поверхности над полом равен 0,8м. При этом Hр= 3,2 (высота подвеса над рабочей поверхностью).

Площадь помещения: S = A×B = 5,5·2,7 = 14,85 м2.

Для светильников АОД с лампами ЛБ40 световой поток, создаваемый одной лампой Fл = 2480 лм (люмен).

Определим сначала показатель помещения:

$$P = \frac{(A \cdot B)}{((H_P \cdot (A \cdot B))} = \frac{(5{,}5 \cdot 2{,}7)}{((3{,}2 \cdot (5{,}5 + 2{,}7))} = 0{,}566.$$

Теперь для р=0,566, коэффициентов отражения потолка рпт=0,7 и стен рст=0,5 находим коэффициент использования светового потока – р = 0,47.

Необходимое число светильников определяется по формуле:

$$N = \frac{(E_{\min} \cdot S \cdot K)}{(F_Л \cdot z \cdot n \cdot p)} = \frac{(300 \cdot 14{,}85 \cdot 1{,}5)}{(2480 \cdot 0{,}9 \cdot 2 \cdot 0{,}47)} = 3{,}185 = 4 \quad шт.$$

Число ламп в светильнике равно двум. Общее количество ламп равно:

$$n = (2 \cdot 4) = 8 \text{ шт.}$$

Разделив N на число рядов, можно определить число светильников устанавливаемых в каждом ряду. Поскольку длина светильника известна, то нужно найти длину всех светильников ряда.

Если эта длина близка к геометрической длине ряда, он получается сплошным; если меньше длины ряда, то светильники размещаются с разрывами; если больше длины ряда, то увеличивается число рядов. Пусть светильники устанавливаются в два ряда. Число светильников в каждом ряду:

$$N_P = \frac{N}{2} = 2.$$

Длина светильника АОД = 1,2 м, длина одного ряда $2 \cdot 1{,}2 = 2{,}4$ м.

Расстояние между рядами светильников:

$$L = \lambda \cdot h = 1{,}2 \cdot 2{,}2 = 2{,}64 \text{ м},$$

где $\lambda = 1.2$ – коэффициент неравномерности;

h – высота подвеса.

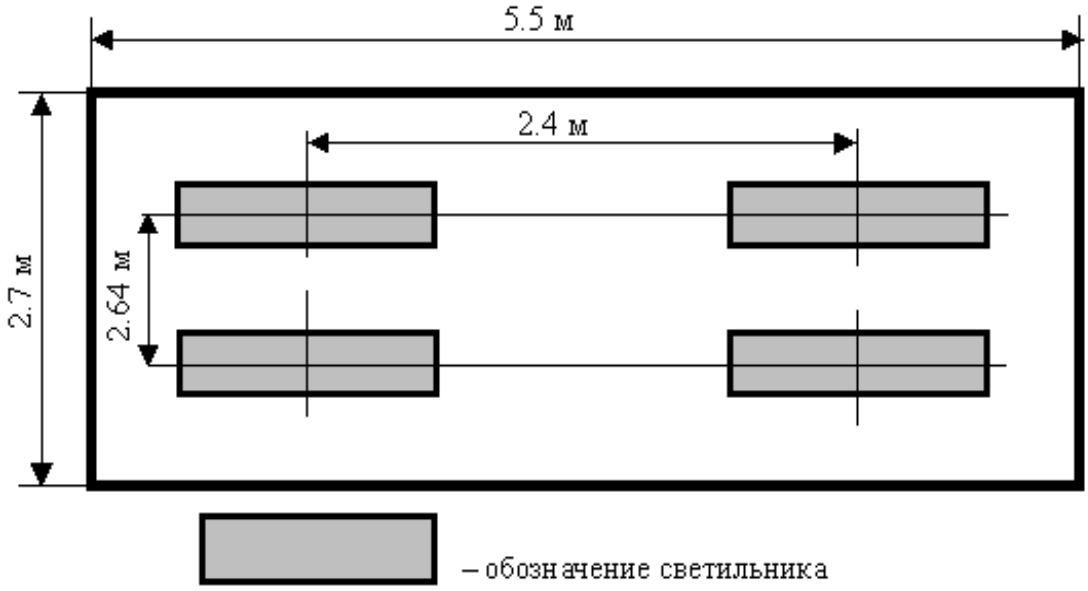

Рисунок 4.2 – Расположения светильников

4.4 Выбор и обоснование мер по обеспечению безопасных условий при монтажных и сборочных работах проектируемого объекта

В оборудовании ВОСП должны быть предусмотрены встроенные меры безопасности в зависимости от уровня опасности ВОСП.

Если в оборудовании ВОСП произведены какие-либо изменения, которые могут повлиять на уровни опасности, то должна быть заново оценена степень опасности путем проведения испытаний и измерений.

Во всех системах, в которых есть доступ к кабельным соединителям, для их разъединения необходимо использовать специальные инструмент.

Оптические кабели должны иметь соответствующую маркировку, чтобы отличать их от кабелей другого назначения.

Перед работами на любом оптическом кабеле или системе персонал должен проверить режим работы системы и уровень его опасности. В случае если система смонтирована и включена, это должно быть обозначено маркировкой о соответствующем уровне опасности. Во время инсталляции, когда эти меры не могут еще быть обеспечены, при их отсутствии следует руководствоваться мерами предупреждения, соответствующими классификации испытательного оборудования, содержащего оптический источник, подсоединяемый к волокну.

При обнаружении оборванного (разрезанного) конца ВОЛС немедленно обмотать лентой ПХВ во избежание подтекания компаунда, обламывания оптического волокна и обеспечения защиты от лазерного излучения. Запрещается подносить торец ВОК к лицу и непосредственно смотреть на любой торец волокна, по которому передается излучение.

При производстве работ на открытых волокнах, соединителях и т. д., оборудование оптической системы передачи или испытательное оборудование должно быть выключено (отсоединено) или находиться в состоянии передачи малой мощности. В этом случае непреднамеренное включение должно предотвращаться с помощью переключателя дистанционного управления или с помощью другого подходящего метода. Состояние линии (питание включено или выключено) должно быть четко обозначено.

При проведении измерений мощности оптического излучения на выходе передающих устройств, присоединение измерителя мощности к оптическому соединителю передающего устройства производить при отключенном оптическом излучателе.

Замену блоков, отключение разъемов и осмотр монтажа необходимо производить при отключенном напряжении питания.

В оборудовании ВОСП и в специальных измерительных приборах излучатели должны быть закрыты заглушками, если к ним не подключены оптические кабели.

При уборке и утилизации отходов ВОК необходимо соблюдать осторожность. Не брать обломки оптического волокна голыми руками. Необходимо помнить, что смазанные компаундом кусочки ОВ далеко

разносятся и могут вызвать раздражение рук, лица и дыхательных путей. При работе с ОВ, его отходы при разделке (сколе) необходимо собирать в отдельный контейнер, и после окончания монтажа освободить контейнер в отдельно отведенном месте или закопать отходы в грунт. Работу с ОВ следует проводить в клеенчатом фартуке. Следует избегать попадания остатков ОВ на одежду. Рабочее место и пол после разделки ОВ следует обработать пылесосом и затем протереть влажной салфеткой или мокрой тряпкой. Отжим тряпки следует производить в плотных резиновых перчатках.

Категорически запрещается принимать пищу в местах работы с ОВ.

При проведении работ, связанных со сваркой и монтажом оптического кабеля, необходимо исключить перемещение ВОК. Для обеспечения этого надо:

– не изменять положение ВОК;
– не перешагивать через ВОК, находящийся на небольшой высоте;
– не производить никаких работ в непосредственной близости от ВОК, не обеспечив его защиту от возможных перемещений и повреждений.

Обеспечить противопожарную безопасность. Для этого не курить и не пользоваться открытым огнем на расстоянии менее 5 метров.

К выполнению работ на волоконно - оптических кабелях связи допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обучение методам и приемам безопасной работы, проверку знаний по охране труда в соответствии с Положением о порядке обучения и проверки знаний по охране труда руководителей специалистов и рабочих предприятий, учреждений и организаций связи, имеющие соответствующую квалификацию и группу по электробезопасности не ниже III.

Работа на волоконно - оптических кабелях связи производится бригадой в составе не менее двух человек.

Работы проводятся по наряду, по распоряжению.

Каждый работник должен быть обеспечен специальной одеждой и специальной обувью и средствами индивидуальной защиты в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам связи согласно его профессии и должности.

Дополнительно работнику, выполняющему монтаж волоконно - оптического кабеля, необходимо пользоваться клеенчатым фартуком по ГОСТ 12.4.029-76 (тип А НмВн) и иметь защитные очки по ГОСТ 12.4.013-86 типа ЗН5-72Г1 для наблюдения за сваркой.

При проведении работ на волоконно - оптических кабелях связи возможно воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов:

– повышенное значение напряжения электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
– возможность образования взрыво- и пожароопасных сред;

– работа с вредными веществами (нефрас С 150/200, ацетон, эпоксидные смолы, лаки);

– возможность воздействия лазерного излучения генератора;

– попадание остатков оптического волокна на кожу работника;

– неблагоприятные метеорологические условия.

Персонал, проводящий работы на волоконно - оптических кабелях связи должен строго выполнять только ту работу, которая ему поручена.

Требования безопасности во время работы:

– Монтаж оптического кабеля должен производиться в передвижной лаборатории, оснащенной всем необходимым для безопасного и удобного выполнения работ по монтажу волоконно - оптического кабеля.

– салон кузова машины должен быть оборудован обогревом на период холодного времени года.

– устройство для сварки оптического волокна должно быть заземлено; иметь блокировку подачи высокого напряжения на электроды при открытой крышке узла во время установки оптического волокна; иметь световую индикацию включения напряжения питания и подачи высокого напряжения.

– запрещается эксплуатация прибора со снятым защитным кожухом блока электродов.

– в случае необходимости наблюдения за сваркой (при отсутствии дисплея) работник обязан применять защитные очки.

В салоне кузова должна быть приточно - вытяжная вентиляция, а непосредственно у рабочего места должен быть местный отсос, удаляющий при работе вредные пары и газы с помощью вентилятора или электропылесоса.

Вентилятор или пылесос для отсоса вредных паров и газов должен включаться перед началом работы и выключаться не ранее чем через 5 минут после окончания работы.

Освещенность рабочего места должна быть достаточной для безопасности выполнения работ.

При использовании в работе полиуретанового клея необходимо пользоваться резиновыми или х/бумажными перчатками.

При работе с растворителями использовать инструмент, не дающий при ударе искру.

При использовании в работе газовых горелок или паяльных ламп соблюдать требования эксплуатации этих приборов.

При возникновении аварии или ситуаций, которые могут привести к несчастным случаям, следует:

– немедленно прекратить работы и известить своего непосредственного руководителя.

– оперативно принять меры по устранению причин аварии или причин, которые могут привести к несчастным случаям.

– о пострадавших необходимо известить непосредственного начальника, сообщить в медпункт и принять срочные меры по оказанию необходимой первой медицинской помощи.

4.5 Выводы

В данном расчете дипломной работы, был произведен анализ условий труда при проектировании цифровых систем передачи на Талдыкорган -Усть-Каменогорск, который включает в себя определение основных требований к рабочему месту оператора сети, где расположено оборудование ВОЛС, рассчитано естественное и искусственное освещение помещения.

Так же в ходе выполнения дипломного проекта по построению ВОЛС на участке Талдыкорган–Усть-Каменогорск был рассмотрен вопрос организации мер по обеспечению безопасных условий при монтажных и сборочных работах проектируемого объекта. В результате имеем набор мер по монтажу и прокладке оптического кабеля, которые удовлетворяют основным требованиям безопасности охраны труда.

5 Бизнес план

5.1 Цели и задачи проекта

Организация ВОЛС на участке “Талдыкорган-Усть-Каменогорск” с применением системы передачи SDH.

Настоящий бизнес-план представляет собой обоснованное проектирование ВОЛС с целью усовершенствования национальной первичной сети Республики Казахстан.

В современных условиях наблюдается ухудшение качества передачи информации по магистральным сетям связи Республики Казахстан. Главной причиной этому служит физический и моральный износ оборудования, которое используется на магистральных сетях связи. Решением данной проблемы является переход к использованию новых технологий передачи информации и применение современного оборудования, отвечающего мировым стандартам. В большинстве стран мира принят курс на цифровизацию сетей связи, предусматривающий построение сети на базе цифровых методов передачи и коммутациию.

С целью решения проблемы реконтсрукции первичной сети связи Республики Казахстан в соответствии с новой сетевой концепцией, которая подразумевает собой цифровизацию первичных сетей Казахстана АО “Казахтелеком” принял программу для АОДТ “Программы развития и модернизации сети связи Алматинской области”. Сделано это было с целью поправить сегодняшнее положение в сельской сети. Строительство ВОЛС на участке “ Талдыкорган-Усть-каменогорск ” обеспечит высокое качество

передачи информации с высокой скоростью.Таким образом, бизнес-план преследует две цели:

1) Определение объема необходимых инвестиций для реализации проекта.

2) Планирование ввода в эксплуатацию новой цифровой линии связи. Объем необходимых инвестиций составляет 900 млн. тенге (длина проектируемой ВОЛС - 360 км).

5.2 Описание продукции

Цифровой поток STM-4 - стандартный цифровой поток, предназначенный для транспортирования информации любого вида в цифровой форме. STM строится на базе цифрового канала со скоростью передачи 64 Кбит/с, которые по средствам мультиплексирования объединяются в потоки с различной скоростью передачи: 2 Мбит/с, 8 Мбит/с, 34 Мбит/с, 140 Мбит/с, 155 Мбит/с, 622 Мбит/с.

Любой поток каналов с вышеперечисленными скоростями может быть выведен в любом промежуточном пункте магистрали " Талдыкорган-Усть-каменогорск ".

5.3 План маркетинга

Ценовая политика : В договоре с арендатором цены фиксированы и не подлежат воздействию спроса и предложения. Индексация предусмотрена только в соответствии с инфляцией.

Мероприятия по предоставлению товара на рынок: Эти мероприятия в основном связаны с проведением компании по рекламированию услуг междугородней связи:

1) Разработка и выпуск общего рекламного проекта АО”Казахтелеком”;

2) Размещение рекламных материалов в специализированных печатных изданиях;

3) Съемка видеофильма с демонстрацией ВОСП.

5.4 Организационный план

Для осуществления проекта волоконно-оптической линии связи протяженностью 1133 км необходимы следующие расходы, указанные в таблице 5.1.

Обслуживающий персонал магистрали разделяется на две группы: персонал обслуживаемого регенерационного пункта и персонал ремонтно-восстановительной бригады:

– штат обслуживаемого регенерационного пункта состоит из одного магистрального инженера, четырех сменных инженеров;

– штат ремонтно-восстановительной бригады состоит из начальника бригады, одного инженера по ремонту оборудования необслуживаемого регенерационного пункта, одного инженера линейно-кабельных сооружений, инженера по ремонту электроэнергетического оборудования, двух кабельщиков-спайщиков и одного водителя. На магистрали базируется один пункт, в котором находится ремонтно-восстановительная бригада.

Всего для обслуживания магистрали “ Талдыкорган-Усть-каменогорск ” необходимо 12 человек. Дальнейшее расширение обслуживающего персонала магистрали нецелесообразно.

Обучение и подготовка обслуживающего персонала входит в заключенный договор с компанией “Cisco”.В таблице 5.2 представлен штат необходимых работников для обслуживания магистрали.

Таблица 5.2 – Штат работников

Наименование должности	Оклад, тенге	Кол-во человек
1. Магистральный инженер	79 000	1
2. Сменный инженер	72 000	4
3. Начальник бригады	72 000	1
4. Инженер по ремонту оборудования НРП	69 200	1
5. Инженер линейно-кабельных сооружений	69 200	1
6. Инженер по ремонту электроэнергетического оборудования	69 200	1
7. Кабельщик-спайщик	58 000	2
8. Водитель	58 000	1
Всего:	546 600	12

5.5 Производственный план

Осуществление проекта возложено на АО “Казахтелеком”. Строительство волоконно-оптической линии связи длиной 1133 км запланировано на участке “ Талдыкорган-Усть-каменогорск ”.

Изучить спрос конечных потребителей услуг - населения, государственных и частных компаний, совместных предприятий, иностранных фирм, государственных и частных компаний, занимающихся предоставлением услуг связи потребителям.

Предположительное увеличение емкости ВОЛС “ Талдыкорган-Усть-каменогорск ” со временем с учетом возможного увеличения спроса:

2014 год - 5094 каналов
2015 год - 7 780 каналов
2016 год - 15 120 каналов
2017 год - 30 240 каналов

Предоставление каналов в аренду начать с 01.06.2014 года и АО “Казахтелеком” заключает контракт с компанией “Cisco” на строительство, монтаж, наладку оборудования системы передачи SL-4.

5.6 Финансовый план

Таблица 5.3 – Расходов на планирование сети

Статьи расходов	Сумма, тенге
Затраты на проектирование	900 000 000
Затраты на строительство: а. Линейно-кабельных сооружений б. Станционных сооружений в. объектов энергетического хозяйства	 702 000 000 45 000 000 18 000 000
Затраты на монтаж, наладку оборудования	45 000 000
Затраты, связанные с обучением обслуживающего персонала	36 000 000
Затраты, связанные с проведением рекламной компании	4 500 000
Затраты на приобретение измерительного и ремонтного оборудования	40 500 000
Прочие расходы и затраты	18 000 000
Всего:	1 809 000 000

Эксплуатационные расходы найдем по формуле (5.1):

$$С = ФОТ + Осс + Опф + А + М + Сэл + Ск + Спр. + Н \qquad (5.1)$$

где ФОТ - фонд заработной платы;
А - амортизационные отчисления;
М - расходы на материалы и запчасти;
Сэл - затраты на оплату электроэнергию;

Ск - расходы по кредиту;
Спр. - прочие производственные расходы;
Н - накладные расходы;
Осс-отчисление в социальное страхование;
Опф-отчисление в пенсионный фонд.

Определим статьи расходов годовых эксплуатационных затрат:
На момент настройки оборудования принимаются в штат 12 человек.
на 3 месяца:

ЗП1 = 12 х 3 х 45 550 = 1 639 800 т.г

За год основная заработная плата:

ЗП2 = 12 х 12 х 45 55 0 = 6 559 200 т.г

Дополнительная заработная плата:

ЗПд = 0,3 х ЗП2 = 1 967 760 т.г

Отсюда найдем фонд оплаты труда по формуле (5.3):

ФОТ = ЗП1 + ЗП2 + ЗПд = 1 639 800 + 6 559 200 + 1 967 760 =10 166 760 тг.

Отчисление на социальное страхование составляет 11% от фонда оплаты труда, найдем по формуле (5.4):

$$Осс=11\%х(ФОТ-ФОТх0.1) \quad (5.4)$$

Осс = 0,11 х (10 166 760-10 166 760х0.1) =1 006 509 т.г

Отчисления в пенсионный фонд составляют 10% от фонда оплаты труда, найдем по формуле (5.5):

$$Опф=10\%хФОТ \quad (5.5)$$

Опф = 0,10 х 10 166 760 =1 016 676 т.г

Амортизационные отчисления найдем по формуле (5.6):
Ежегодные отчисления 5% годовых.

$$А = 0,05 х К, \quad (5.6)$$

где К – сумма капиталовложений (К = 900 000 000 тенге.)

А = 0,05 х 900 000 000 = 45 000 000 т.г

Расходы на материалы и запчасти принимаем в размере 20% от суммы капиталовложений, по формуле (5.7):

$$М = 20\% \times К \qquad (5.7)$$

М = 0,2 х 900 000 000 = 180 000 000 т.г

Расходы на эксплуатацию (Сэ), потребляемую аппаратурой, определяются в зависимости от мощности аппаратуры, количества часов работы аппаратуры в год и действующих тарифов на эксплуатацию, тогда расход производственной энергии рассчитываем по формуле (5.8):

$$Сэл = W \times Цквт \times Npn \times 8760, \qquad (5.8)$$

где W - потребляемая мощность одного промежуточного пункта в час (W = 1 квт/час).

Ц квт - цена одного киловатта энергии (Ц квт – 15,74)

N pn - количество промежуточного пунктов (N pn - 5)

8760 - количество часов в году

Сэл = 1 х 15,74 х 5 х 8 760 = 689 412 т.г

Расходы по кредиту рассчитываем по формуле (5.9):

$$Ск = К \times 10\% \qquad (5.9)$$

Ск = 900 000 000 х 0,1 = 90 000 000 т.г

Найдем прочие административно-управленческие и эксплуатационно-хозяйственные расходы. Размер этой статьи принимаем 10% от годового фонда оплаты труда, который рассчитаем по формуле (5.10.):

$$Спр = ФОТ \times 0,1 \qquad (5.10)$$

Спр = 10 166 760 х 0,1 = 1 016 676 т.г

Накладные расходы составляют 20% от основных расходов (5.11):

$$Н = 20\% \times О \qquad (5.11)$$

где О - основные расходы

$$О = ФОТ + А + М + Сэл \quad (5.12)$$

О = 10 166 760+45 000 000+180 000 000+689 412=235 856 172 т.г

Н = 0,2 х 235 856 172= 47 171 234 т.г

Полученные результаты сведем в таблицу 5.3 и в итоге получим сумму годовых эксплуатационных расходов:

Таблица 5.3 – Эксплуатационные расходы

Наименование показателей	Сумма, тенге
1. Фонд оплаты труда	10 166 760
2. Отчисление на социальное страхование	1 006 509
3. Отчисление в пенсионный фонд	1 016 676
4. Амортизационные отчисления	45 000 000
5. Материалы и запчасти	180 000 000
6. Расходы на электроэнергию	689 412
7. Расходы по кредиту	900 000 000
8. Прочие расходы	1 016 460
9. Накладные расходы	47 171 234
Всего:	1 186 067 051

Найдем годовую сумма доходов по формуле (5.13):

$$Д = Q \times Цок \times k \quad (5.13)$$

где Q - число сдаваемых в аренду каналов
Цок - цена одного канала в час (126 т.г)
k - количество часов
за год = 8760 часов
один год 5 103 х 8 760=44 702 280

Д = 126 х 44 702 280 = 5 632 487 280 т.г

Прибыль найдем по формуле (5.14):

$$П = Д - С \quad (5.14)$$

где Д - годовая сумма дохода
С - годовые эксплуатационные расходы

П =5 632 487 280 – 1 809 000 000= 3 823 487 280 т.г

Налог на прибыль составляет 20%, найдем по формуле (5.15):

$$Нп = 0,2 \times П \qquad (5.15)$$

Нп = 0,2 х 3 823 487 280 = 764 697 456 т.г

Чистую прибыль определим по формуле (5.16):

$$Пч = П – Нп \qquad (5.16)$$

Пч = 3 823 487 280 –764 697 456 = 3 058 789 824 т.г

Рассчитаем экономическую эффективность (5.17):

$$Е = ЧП/К \qquad (5.17)$$

где П - прибыль, которая получается от разности годового дохода и годового эксплуатационного расхода (Д - С)

$$Е = \frac{3\ 823\ 487\ 280}{900\ 000\ 000} = 0,43$$

Расчетный срок окупаемости определяется как величина, обратная экономической эффективности:

$$Т = 1/Е \qquad (5.18)$$

Т = 1/0,43 = 2,3 года

Тр < Тн (5 лет)

Вывод: На основании полученных результатов (таблица 1.4) можно сделать вывод об экономической эффективности строительства проектируемой линии связи. По полученным данным можно сказать, что проектируемая линия окупит себя через 2,3 года, что удовлетворяет нормативу (5 лет по нормативу).

Полученные результаты сведем в таблицу 5.4:

Таблица 5.4 Бизнес – Эффект от внедрения проекта

Экономический показатель	Значение
Инвестиции, тенге	900 000 000
Доход, тенге	5 632 487 280
Эксплуатационные расходы, тенге	1 186 067 051
Штат, человек	12
Прибыль, тенге	3 823 487 280
Срок окупаемости, лет	2,3

5.7 Вывод по экономической части

Исходя из вышеприведенного финансово-экономического обоснования дипломного проекта, можно сделать вывод, что данный проект является экономически выгодным и эффективным, так как срок окупаемости составляет 2,3 года. Также из расчета видно, что данный проект приносит большую прибыль.

Для успешной деятельности организации сети SDH необходимо провести рекламную кампанию через СМИ, сети Интернет, рассылку писем с предложениями использования данного вида услуг для организации единой корпоративной сети, объединяющей их региональные отделения. Таким образом, основными потребителями станут не только пользователи Интернет, но и крупные платежеспособные компании.

Заключение

При внедрении такой технологий как SDH был проведен анализ вопросов проектирования и эксплуатации цифровых оптических линий передачи с учетом особенностей выбранного оборудования внедряемых платформ. Проектирование сетей доступа на основе такой технологий как SDH предоставляет возможность крупным операторам повышать получаемую прибыль за счет выхода на рынок самых современных широкополосных услуг и обеспечить переход их сетевой инфраструктуры на более высокий качественный и технологический уровень.

В данной дипломной работе была построена сеть доступа на основе технологии SDH на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск. Произведен расчет основных параметров сети, а именно: расчет иерархии мультиплексора, расчет длины регенерационного участка по дисперсии и затуханию. А так же описны вопросы охраны труда и безопасности жизнедеятельности. Расчитан бизнес план, который показывает эффективность внедрения данного проекта на участке Талдыкорган-Усть-Каменогорск со сроком окупаемости 2 года 4 месяца.

Список литературы

1 Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи. Москва: Радио и связь, 1990. – 224 с.

2 Волоконно-оптические линии связи. Справочник /Андрушко Л.М. и др. – Киев: Техника, 1988. – 240 с.

3 Вербовецкий А.А. Основы проектирования цифровых оптоэлектронных систем связи. – М.: Радио и связь, - 2000. – 160с.

4 Дж. Гауэр. Оптические системы связи. – Москва: Радио и связь, 1989. – 504 с.

5 В.И. Иванов. Оптические системы передачи. – Москва: Радио и связь, 1994. – 224 с.

6 В.А. Андреев, В.А. Бурдин. Оптические волокна для оптических сетей связи. - Электросвязь, 2003, N11.

7 Иванов А.Б. Волоконнаяоптика: компоненты, системы передачи, измерения. – М.: КомпанияСайрус систем, 1999. 421 с.

8 Семенов А.Б. Волоконная оптика в локальных и корпоративных сетях связи. – М.: Компьютер Пресс, 1998. – 302с.

9 Скляров О. К. – "Современные ВОСП. Аппаратура и элементы." – М., Солон – 2001. 452 с.

10 Убайдуллаев Р.Р. Волоконно – оптические сети. М.: ЭКО – ТРЕНДЗ, 1998. – 267с.

11 Дмитриев С.А., Слепов Н.Н. Волоконно-оптическая техника: достижения, преспективы. М.: Издательство Connect, 2000.с. 45-50.

12 Проектирование и техническая эксплуатация систем передачи: Учеб. пособие для вузов, под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. – М.:Радио и связь. – 1996. – 344с.

13 Дональд Дж. Стерлинг. Техническое руководство по волоконной оптике. – М.:Лори, 1993. – 288с.

Приложение А

Расчет длины регенерационного участка с помощью программы MathCad

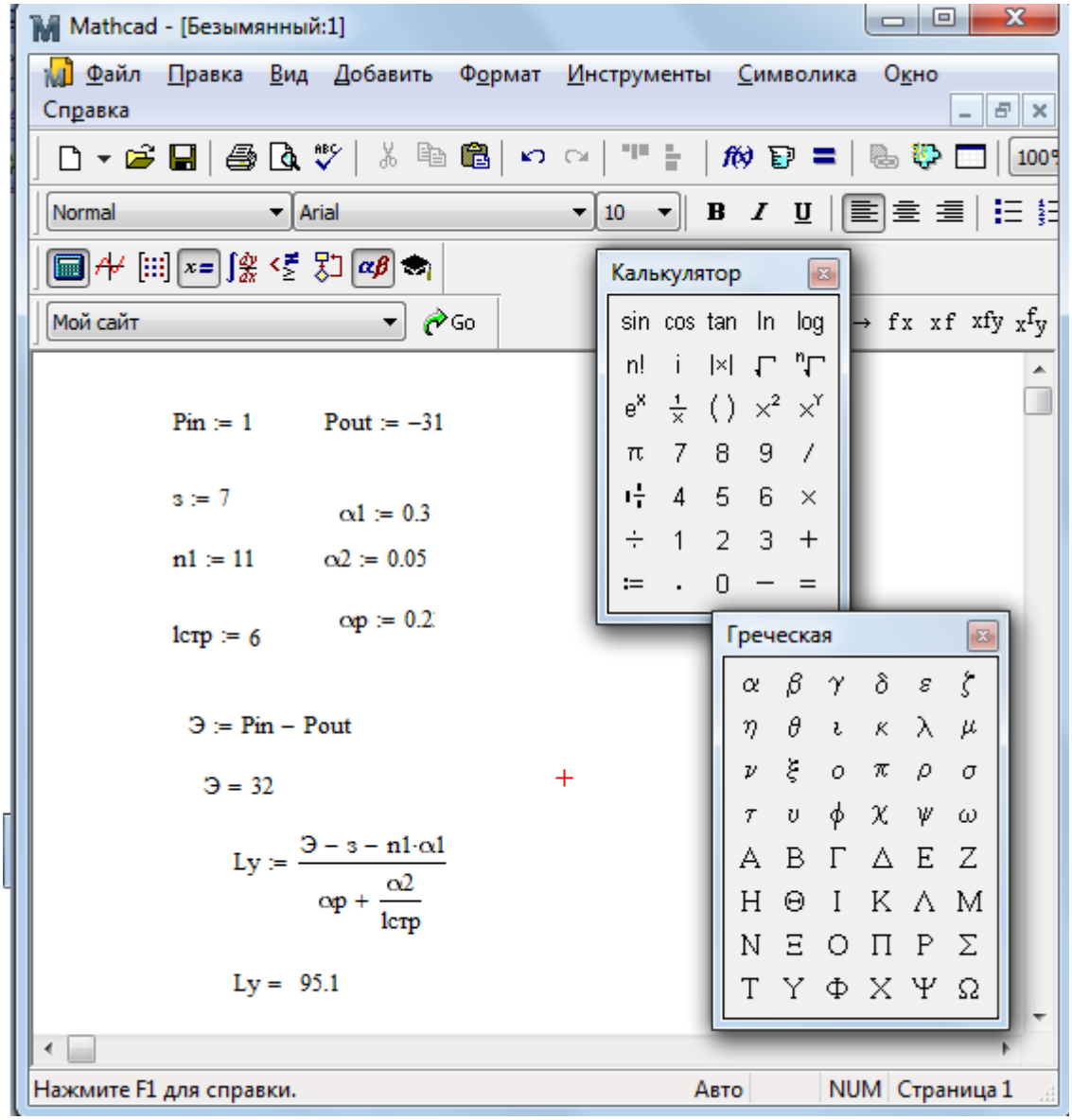

Рисунок А.1 – Расчет длины регенерационного участка