

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационных систем

«Допущен к защите»  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
к.т.н. Шамагулов Д.Р.  
(Ф.И.О., ученая степень, звание)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирование ВОЛС на участке Алматы-Маркент.

Специальность 580719 Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Оспанов А.Р. ИТС-10-05  
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Нимба Е.О. ст.пр.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Бекмешева А.И. к.т.н. доцент.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
Б.И. « 23 » мая 2014 г.  
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Джусебай М.К. д.т.н. профессор.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
Джусебай М.К. « 09 » июня 2014 г.  
(подпись)

по применению вычислительной техники:

ст.пр. Артюхин А.В.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
А.В. « 9 » июня 2014 г.  
(подпись)

основная часть: Нимба Е.О. ст.пр.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Е.О. « 20 » мая 2014 г.  
(подпись)

Нормоконтролер: ст. преподаватель Т.С. Ковдрамович А.И.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Т.С. « 13 » 06 2014 г.  
(подпись)

Рецензент:

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Радиотехники и связи  
Специальность 5В0719 Радиотехника электроника и телекоммуникации  
Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Осканов Азат Рахатулы  
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Проектирование ВОЛС на участке Алматы - Маркент

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

Шихангель на участке Алматы - Маркент радиотехнической в  
Алматинской области. Предусматривается выделение потоков в  
назначенные пункты Шихан и Костан.

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

Расчет затухания оптического кабеля, расчет емкости связи,  
расчет дисперсии, расчет каналов, расчет потоков, расчет длины  
регистрационного участка. Анализ оборудования, оптического кабеля,  
интерфейса. Экономическая эффективность проекта и срок  
окупаемости.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Карта оптической магистрали по авторской Алматы - Маркент.  
 Схема организации связи на участке Алматы - Маркент.  
 Расчеты мультимедиа Netring 2500, STM-1/4/16 Характеристика  
 мультимедиа Netring 2500. Схема магистральной сети, построенной  
 на технологии SDH. План административного размещения типовых  
 станций участка Алматы - Маркент. Сплит-система Daikin FT25CU1A.  
 Упрощенная структура работы сплит-системы. Калькулятор для расчета  
 температуры прямоугольного теплового помещения.

Рекомендуемая основная литература

Официальный сайт акима Алматинской области <http://almaty.gov.kz>.  
 Волоконно-оптические системы передачи В.Н. Иванов, Л.В. Агашовит.  
 Петаткан А.В. Системы мобильной связи.  
 Ситов Н.Н. Обращение к технологиям цифровой оптоволоконной сети  
 связи (ATM, PON, SDH) Чбайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети.  
<http://www.vcsot.ru> - прайс лист на оптические кабели.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Эконом. часть	Бекмеченов А.И.		
Общая	Яносебаев М.К.	17.03-09.06.14	
Всп. техника	Арташкин А.В.	12.05-09.06.14	
Техн. часть	Климова Е.О.	15.02-10.05.14	

## ГРАФИК

## ПОДГОТОВКИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

[illegible]

Дата выдачи задания « 04 » 02 2014. г.

Заведующий кафедрой


(подпись)

(Фамилия и инициалы)

Руководитель

(ПОДПИСЬ)

(Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению  
студент 

(ПОДПИСЬ)

Останов А.Р.  
(Фамилия и инициалы)

## **Андатпа**

Дипломдық жоба байланыстың волокондық-оптика сызығының Алматы-Жаркент арамен жобалау, тағы Шелек және Көктал елдімекендерде поток бөліну көзденеді. Волокондық-оптическа сызығының байланысы төсемесінің нобайы қалалардың арасында әзірленген. Волокондық-оптическа сызығының байланысының мақсаттығы техникалық-экономдық есеппен расталынған.

Дипломда тағы өмір тіршілік әрекетімнің қауіпсіздігінің шаралары ескерілді. Экономикалық бөлікте мөлшерлі жұмсалымның көлемі және оның өтімділігінің мерзімдері анықталады.

## **Аннотация**

Дипломный проект посвящен проектированию волоконно-оптической линии связи между Алматы-Жаркент, также предусматривается выделение потоков в населенные пункты Шелек и Коктал. Разработана схема прокладки волоконно-оптической линии связи между городами. Целесообразность прокладки волоконно-оптической линии связи подтверждена технико-экономическим расчетом.

В дипломе так же учтены меры безопасности жизнедеятельности. В экономической части определяется объем предполагаемых вложений и сроки их окупаемости.

## **Summary**

Thesis project is dedicated to the design of fiber-optic communication line between Almaty and Zharkent also provides for the allocation of threads in settlements Shelek and Koktal. A scheme for laying fiber-optic line between the cities. Advisability of laying fiber-optic communication line confirmed the technical and economic calculation.

In the diploma also considered measures safety. On the economic side is determined volume of prospective investments and their payback periods.

## Содержание

Введение	8
1 Теоритическая часть	9
1.1 Обоснование необходимости организации ВОЛС на участке Алматы-Жаркент	9
1.2 Разработка ситуационной схемы	11
1.3 Выбор типа оптического кабеля	12
1.4 Выбор оборудования	16
2 Расчетная часть	19
2.1 Выбор системы передачи	19
2.1.1 Расчет населения с учетом среднегодового прироста	19
2.1.2 Рассчитаем количество телефонных каналов	20
2.1.3 Расчет требуемого числа каналов	22
2.2 Выбор системы передачи и ее характеристика	23
2.2.3 Параметры оптического интерфейса STM-16	25
2.3 Расчет затухания оптического кабеля	26
2.4 Расчет дисперсии и пропускной способности	27
2.5 Расчет длины регенерационного участка	29
2.6 Расчет диаграммы уровней	31
2.7 Расчет защищенности от взаимных помех в ВОЛС	32
2.8 Расчет показателей надежности магистрали	36
2.8.1 Расчет надежности на участке Алматы - Шелек	39
2.8.2 Расчет надежности на участке Шелек - Коктал	40
2.8.3 Расчет надежности на участке Коктал - Жаркент	41
2.8.4 Расчет надежности на магистрали Алматы - Жаркент	42
3 Безопасность жизнедеятельности	43
3.1 План построения типовой станции	46
3.2 Температурный режим	46
3.3 Производительность систем кондиционирования	47
3.4 Расчет искусственного освещения в помещении	50
3.4.1 Показатель помещения	51
3.4.2 Выбор ламп производственного помещения	51
3.4.3 Количество светильников	51
4 Экономическая часть	52
4.1 Технико-экономическая оценка инноваций	52
4.2 Расчет капитальных затрат	53
4.2.1 Расчет транспортных расходов	53
4.2.2 Расчет затрат на строительство и монтаж оборудования	53
4.3 Расчет эксплуатационных расходов	54
4.3.1 Расчет заработной платы обслуживающего персонала	55
4.3.2 Расчет расходов на социальный налог	55
4.3.3 Расчет расходов на материалы и запасные части	55
4.3.4 Расчет расходов на электроэнергию	56
4.3.5 Расчет амортизационных отчислений и прочих расходов	56

4.4	Определение экономической эффективности	57
4.4.1	Расчет доходов	57
4.4.2	Расчет прибыли	57
4.5	Расчет показателей эффективности проекта	58
	Заключение	60
	Список литературы	61
	Приложение А Схема организации связи на проектируемом участке	62
	Приложение Б Схема организации связи на проектируемом участке	63
	Приложение В Вычисления в программе Mathcad	64

## **Введение**

В мире телекоммуникаций растет спрос на волоконно-оптические линии связи. Это связано с увеличением объемов передаваемой информации, числа пользователей Интернет, а также с растущим взаимодействием операторов между собой. Уже долгое время широкое развитие и применение получила волоконная оптика. Разработка высоконадежных волоконно-оптических систем связи началось в 70-х годах XX века.

Для того чтобы справиться с объемом передаваемой информации часто используют волоконно-оптические кабельные системы. Так как в проекте магистраль на участке Алматы-Жаркент по протяженности является большой, актуально использование волоконно-оптической линии связи. Оптическое волокно имеет малое затухание и не требует множества усилителей. Даже при такой большой протяженности идут наименьшие затраты. По сравнению с аналоговыми видами передачи волоконно-оптические кабельные системы имеют большую полосу пропускания, которая увеличивается в расчете на одного пользователя. Для построения протяженных телекоммуникационных магистралей, а также локальных вычислительных сетей выгодно использовать волоконно-оптические линии связи.

В данной дипломной работе будет представлен проект по построению волоконно-оптической линии связи между городами Алматы- Жаркент. Также предусматривается выделение потоков в населенные пункты Шелек и Коктал. В работе будет рассмотрено обоснование проектирования ВОЛС на участке Алматы-Жаркент. Для выбора оборудования, оптического кабеля, схемы прокладки ВОЛС будет сделан сравнительный анализ. В расчетной части рассчитаем длину регенерационного участка, затухания, дисперсии, надежности системы.

Хотелось бы отметить что после построения магистрали будет предоставлена надежная, качественная и высокоскоростная сеть, что позволит без особых проблем обмениваться данными между районами, областными центрами и городами страны.



## **1 Теоритическая часть**

### **1.1 Обоснование необходимости реализации ВОЛС на участке Алматы-Жаркент**

Глобальное развитие информатизации общества является огромной скоростью передачи информации. Каждый год значительно увеличивает объем сведений, передаваемых потоков. Однако возросшие требования к качеству и скорости передачи. Успешное решение этой задачи во многом зависит от качества связи. Традиционные симметричных и коаксиальных кабелей связи, не соответствуют новым требованиям. Выход из этой ситуации широкое распространение получило использование волоконно-оптических кабелей в сочетании с цифровыми системами передачи.

Нужно отметить, что, несмотря на экономические трудности, развитие отрасли связи в Алматинской области, происходит заметными темпами. Предлагаются новые виды и средства связи, внедряются новейшие технологии, расширяется спектр дополнительных услуг. Жаркент сейчас наиболее остро нуждается в связи с районными, областными центрами. С некоторыми из них, связь в данное время осуществляется при использовании аналоговых систем, обладающих малой помехозащищенностью и пропускной способностью. По моему проекту, необходимо предусмотреть выделение потоков в с. Шелек и с. Коктал, что обеспечит эти населенные пункты надежной и качественной связью, следовательно, и такими услугами, как интернет, аудио конференция, телеголосование, речевая и факсимильная почта, Интернет-телефония, справочно-информационные системы на основе глобальной интеллектуальной платформы.[1]

Оптические кабели, наряду с экономией цветных металлов, обладают следующими достоинствами:

- широкополосность, возможность передачи большого потока информации (несколько тысяч каналов);
- малые потери и соответственно большие длины регенерационных участков;
- малые габаритные размеры и масса;
- высокая защищенность от внешних воздействий и переходных помех;
- надежная техника безопасности (отсутствие искрения и короткого замыкания).

В современных оптических системах связи применимы те же методы формирования многоканального соединения, как в обычных системах для передачи электрического кабеля, т.е. частота и техники мультиплексирования с разделением по времени. Во всех случаях, оптического канала передачи электрической генерируемые частоты и времени, модулирует оптический носитель. В модулированный световой сигнал, передаваемый через оптический или коаксиальный кабель. В оптических системах передачи, как правило, используются цифровые (импульсов) и передачи. Это происходит потому, аналоговых систем передачи требует высокой степени линейности

ретрансляторы, которые трудно представить в оптических системах. Таким образом, наиболее распространенные системы цифровой системы связи с мультиплексированием с разделением по времени. [2]

В данное время широкое распространение в Казахстане получили беспроводные технологии, они являются прямыми конкурентами оптическим системам. Построение оптического кабеля обусловлено тем, что у беспроводных технологий есть ряд недостатков такие как:

- скорость передачи данных по беспроводной сети выполняется медленнее, чем волоконно-оптического кабеля;

- есть один большой недостаток протоколы шифрования. Например, если вы используете беспроводной Интернет в общественных местах, все ваши данные третьим сторонам. Все данные, включая даже те, которые вы держите в свои ноутбуки жестком диске;

- из-за того, что число пользователей беспроводных теперь все больше и увеличивает нагрузку на каналы, по которым передаются данные. С течением времени, если эта проблема не уделяют должного внимания, некоторые пользователи не будут мешать работе других;

- за исключением того, маршрутизаторы, беспроводные сети может привести к перегрузке и другие устройства, такие как беспроводные телефоны, микроволновые печи (мешать передачи данных), а также устройств Bluetooth. Чем больше город, тем больше вероятность перегрузки сети;

- беспроводные маршрутизаторы имеют собственный круг радиусом от 45 до 90 метров. Диапазон может быть расширен путем приобретения антенны Wi-Fi;

- постоянное использование канала передачи данных Wi-Fi, аккумулятор ноутбука побегит вниз быстрее, чем если бы он был подключен через кабель;

- самой большой проблемой может быть отказ контроллера доступа. Более того, это не только провал самого оборудования, но и потери связности с ним за все или часть точек доступа. Таким образом, сети необходимо обеспечить резервирование контроллер, который, в свою очередь, влияет на стоимость проекта. [3]

Основные недостатки волокна отражение в двух его характеристики: цена, установка оптического волокна, которые не позволяют достаточно быстро развивать эту отрасль. Это связано с высокой стоимостью оборудования для установки данного типа кабеля и его последующего обслуживания. Также считается очень дорого монтаж волоконно-оптических линий связи. Но следует отметить, что в связи с широким развитием этого вида передачи информации с каждым годом уменьшается стоимость волоконно-оптический кабель и монтажное оборудование.[2]

## 1.2 Разработка ситуационной схемы

При выборе маршрута необходимо обеспечить: соблюдение наименьшее количество работы в строительстве; короткий отрезок шоссе, меньше всего препятствий, сложных и дорогостоящих затрат на строительство; максимального использования механизации в строительстве; создание крупнейших объектов в оперативной службе; низкие расходы на реализацию защиты линий высокого текущих установках и атмосферного электричества. Маршрут между двумя заданными точками выбирается так, чтобы сервисных точках, расположенных в городах, где они могут быть поставлены с воды, электричества, топлива и жилье для персонала.

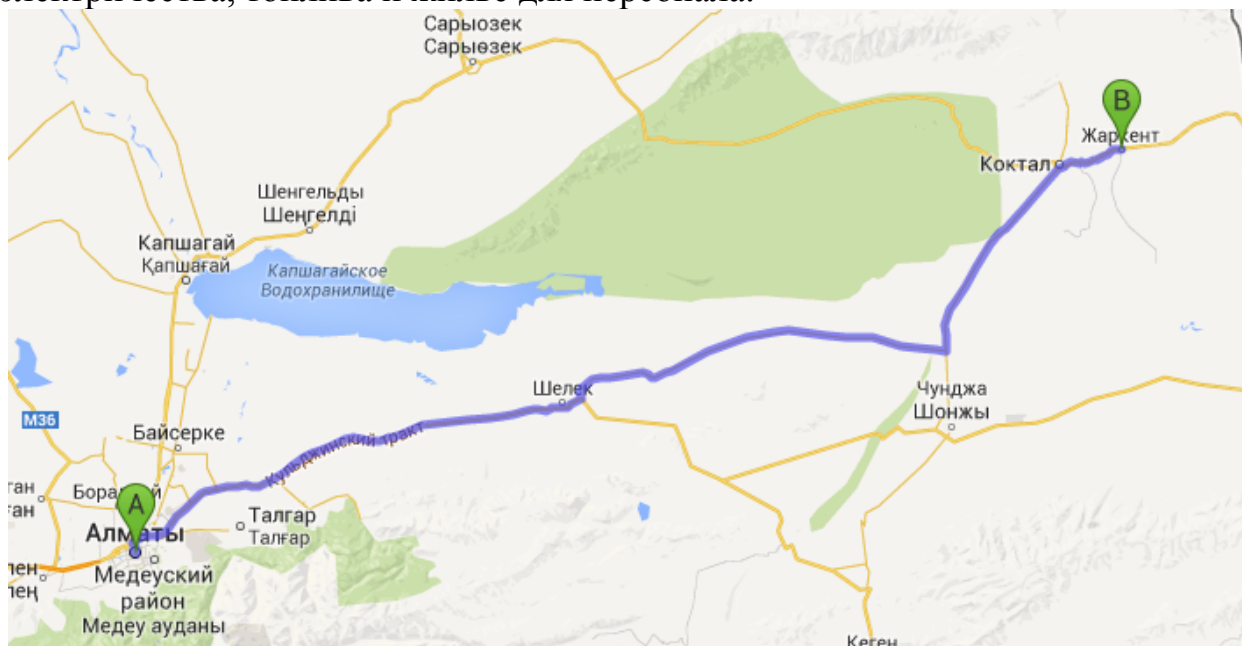


Рисунок 1.1 - Карта будущей магистрали

Думаю целесообразно будет обеспечить село Шелек оптическим кабелем т.к. население в этом селе около 30,000 человек. И с.Шелек находится на будущей магистральной дороге оптического волокна. Расстояние от Алматы до с.Шелек 112 км. В с.Шелек развитая инфраструктура имеются бары, рестораны, бильярдные, кафе и т.д. В сфере образования имеются 2 колледжа, 3 строятся также 8 школ. Следующим пунктом будет с.Коктал население которого более 10000 человек. Расстояние до конечного пункта г. Жаркент 13 км. Конечный пункт г.Жаркент население которого 42,000 человек. Общая протяженность магистрали будет составлять 301 км.[4]

Трасса ВОЛС на участке Алматы – Жаркент определена направлением автодороги между этими городами. Кабель по всей трассе, проходящей через населенные пункты Шелек и Коктал намечено проложить в грунте и в местах с пересечением магистрали рек планируется прокладка кабеля по мостам. Общая протяженность трассы составляет 301 км.(по карте автодороги Алматы – Жаркент).

Характерной особенностью трассы является ВОЛС предгорья и равнины пьемонта довольно узкой, неровной много рек, ручьев, старичные озера и русла временных водотоков. Отчасти простираются хребты. В геологическом отношении трек состоит из глины, суглинки, и слюдяные сланцы и кварциты. На возвышенности почвы встречаются рок, обветренным для мусора и обломков крышку. Глубина промерзания почвы до 1,4 метров. Озера, болота и торфяные месторождения глинистых почв, торфа мощностью от 0,3 м до 1,5 м.

Характеристики трассы:

- максимальная скорость ветра 34 м/с;
- минимальная температура -32°C;
- абсолютная максимальная температура 42°C;
- среднегодовая температура воздуха +0,9°C;
- район гололёдной.[1]

Будущая трасса ВОЛС будет пересекать крупные реки Большой Алматинский канал им. Кунаева, Турген, Шилик, Чарын, Или и множество мелких рек и ручьев. Русла и долины рек сложены гравийно-галечниковыми грунтами и глинистыми грунтами с включением обломочного материала.

Геологические условия позволяют прокладку кабелей, в основном, кабелеукладчиком. Только в районах с каменистой почвой, которые составляют примерно 20% от общей протяженности трассы, то есть применение землеройной техники для разработки траншей. На тесных сайты местности, и на пересечении с существующих подземных коммуникаций, прокладка траншей должен вручную, в последующем укладкой в ее волоконно-оптического кабеля.

На переходах через крупные реки - Большой Алматинский канал им. Кунаева, Турген, Чилик, Чарын и Или прокладка кабеля намечена по мостам.

Если при строительстве моста не были предусмотрены каналы или каналы для прокладки коммуникаций, затем прикрепляется к мосту дальнейшую индивидуальную стальные несущие элементы, которые не должны причинить вред мостовых конструкций, арматуры и нарушить статическое безопасности. Для установки в трубе мосты рекомендуется асбеста. Для прокладки кабелей через мосты, меньший размер, подходящий желобки (лотки) из монолитного бетона и стальной арматуры. Они, согласно правилу, положили по бокам моста и усиленные стальные стойки (стойками).

Переход через железные и асфальтовые шоссе планируется в основном выполняют угона, и с помощью местных дорог и подземных коммуникаций - открытым способом. Прокладка трубопровода угона проводится в несколько этапов. Во-первых, сделать две небольшие ямы: и начать получать. Первый набор сделок с пневмопробойники советы. Они пронизывают землю и идти в приемный котлован. Затем, с помощью специальных насадок для расширения хорошо диаметр устанавливаемого трубы. Иногда, вместо использования пробивая проколы в которой трубка погружается в землю с коническим наконечником.[5]

Защита кабелей от ударов молнии обеспечивается относом трассы от возвышенных предметов (деревья, опоры воздушных линий и т.д.).

Для прокладки ВОЛС в грунте планируется использовать одномодовый волоконно-оптический кабель.

### 1.3 Выбор типа оптического кабеля

Оптический кабель состоит из витой по определенной системе оптических волокон из кварцевого стекла (световодов), заключенных в полной локализации. При необходимости кабель питания может быть (арматуры) и демпфирующих элементов. Основным элемент волоконно-оптических ОК (ОВ), характеристики которых определяют оптическую параметров кабеля. При производстве ок использование одномодовых и многомодовых (ОВ). Лучшие показатели имеют кабели, имеющие более низкий уровень оптической мощности, затухания и более стабильное значение (0) в диаметре (125 мкм) и основной его расположение относительно оптической оси, и эллиптичности, т.е. геометрические параметры (ОВ). Это чрезвычайно важно при проведении сварочных работ, а также о прекращении муфтирование ОК (0) - оптических соединителей.

Существующие ОК по своему назначению могут быть разделены на три группы: магистральные, зоновые и городские.

Магистральные ОК, предназначенных для передачи информации на большие расстояния и большого числа каналов. Они должны обладать низким затуханием и дисперсией и большой информационной емкости. Используется одномодовое оптоволокно с сердцевины и оболочки размеров 8/125 мкм. На длине волны 1,3...1,5 мкм.

Зоновые ОК служат для организации многоканальной связи между областном центре и районах дальность связи до 250 км. Оперативные градиентного волокна размеры 50/125 мкм. На длине волны 1.3 мкм.

Городские ОК использоваться в качестве связи между городской АТС и узлы связи. Они разработаны для коротких расстояний (до 10 км) и большое количество каналов. Волокна градиент (50/125 мкм). Волны 0.85 мкм и 1.3. Эти линии обычно работают без промежуточных линии ретрансляторов.

Однако все многообразие существующих типов кабелей можно подразделять на три группы:

- кабели повивной концентрической скрутки;
- кабели с фигурным сердечником;
- плоские кабели ленточного типа.

Кабели первой группы имеют элементами традиционного стиля повивные концентрической структурой по аналогии с электрическими кабелями. Каждый последующий катушек оправки в предыдущие шесть больше клетчатки. Известны такие кабели желательны с волоконно-оптической № 7, 12, 19. Волокна наиболее часто расположенные в отдельных пластиковых труб, образуя модули. Кабели второй группы имеют

Центральный стержень с пластиковыми канавками, которые помещаются в СQ. Паза и волокна расположены, соответственно, на спирали, и поэтому они не влияют на продольный зазор. Такие кабели могут содержать 4, 6, 8 и 10 волокон. Если вы хотите иметь большой емкости кабеля, а затем нанесите несколько основных модулей. Кабель состоит из ленточного типа стеки плоских пластиковых полос, заключенная в определенные числа агентов. Наиболее часто встречается в ленте волоконно-12, а число лент, 6, 8 и 12. Когда такого кабеля лента 12 мая составляют 144 волокон. В оптических кабелях, как правило, имеются следующие элементы:

- мощность (армирование) стержней, которые воспринимают себя продольные нагрузки на разрыв;
- наполнители в виде непрерывных нитей из пластмассы;
- подкреплениями, которые повышают сопротивление кабеля от механических воздействий;
- внешней защитной оболочки для защиты кабеля от проникновения влаги, паров вредных веществ и внешних механических воздействий.
- охватывает бронированный кабель в виде стальной ленты или проволоки.

В Казахстане в основном закупают кабели российского, китайского и украинского производства, т.к. в нашей стране нет своего производства оптических кабелей. Выбор оптического кабеля очень широк. Качество оптического волокна у всех производителей одинаковое. Поэтому предпосылки влияющие на характеристики продукции зависят только от материалов оболочки, защитных элементов и культуры производства.

На сегодняшний день наиболее экономически выгодным является использование российских оптических кабелей. Так как Казахстан входит в ТС (таможенный союз) и ожидается в этом году подписание договора о создании ЕЭС (Евразийский экономический союз). Нам будет не выгодно покупать оптический кабель китайского и украинского производства. Таможенные пошлины для стран не входящих в ТС и ЕЭС увеличатся, следовательно украинские и китайские кабели окажутся дороже российских.

Выбор пал на компанию по производству оптического кабеля ЗАО «ОКС 01» в городе Санкт-Петербург. С марта 2014 года в выпускаемой продукции ЗАО «ОКС 01» применяется новое поколение одномодового оптического волокна марки SMF-28 Ultra, производства партнера - компании «Corning Inc.», США.

Основными отличительными особенностями оптического волокна марки SMF-28 Ultra являются улучшенные изгибные характеристики и пониженное значение коэффициента затухания во всем диапазоне рабочих длин волн – от 1285 до 1625 нм.

В оптических кабелях производства ЗАО «ОКС 01», содержащих одномодовое оптическое волокно марки SMF-28 Ultra, значение коэффициента затухания на длине волны 1,55 мкм составляет 0,179 дБ/км, с доверительным интервалом  $\pm 0,004$  дБ/км, при доверительной вероятности

$P=95\%$ , а максимальное значение коэффициента затухания в отдельном оптическом волокне кабеля не превышает 0,183 дБ/км.

Кроме того, одномодовое оптическое волокно марки SMF-28 Ultra обладает улучшенными изгибными характеристиками и является первым в мире волокном соответствующим одновременно рекомендациям МСЭ-Т G.652.D и G.657.A1.

Оптическое волокно марки SMF-28 Ultra полностью совместимо с одномодовыми оптическими волокнами предыдущего поколения производства компании «Corning Inc.» (SMF-28e, SMF-28e+, SMF-28e+ LL) и интегрируется в ВОЛП с волокнами других изготовителей. Следует отметить, что срок службы оптических кабелей производства ЗАО «ОКС 01» с оптическим волокном SMF-28 Ultra, при прочих равных условиях, составляет 40 лет, что существенно снижает стоимость жизненного цикла кабельного тракта.[12]

Таблица 1.1 - Характеристика кабеля SMF-28 Ultra

Наименование	Параметр
Рабочие длины волн, нм	1285÷1625
Некруглость оболочки, %, не более	1
Диаметр защитного покрытия, мкм	250±15
Количество волокон в модуле	4
Коэффициент затухания, дБ/км	0,179
Хроматическая дисперсия, пс/км·нм	18
Наклон дисперсионной характеристики в области длины волны нулевой дисперсии, пс/(нм <sup>2</sup> ·км) в интервале длин волн 1285 нм÷1330 нм, не более	0,092
Длина волны нулевой дисперсии, нм	1310±10
Длина волны отсечки, нм, не более	1260
Масса кабеля, кг/км	550
Показатель преломления сердцевины ОК	1.5
Показатель преломления оболочки ОК	1.48

## 1.4 Выбор оборудования

Для обеспечения связи в выбранном регионе необходимо оборудование SDH уровня STM-16. В настоящее время существует множество фирм, производящих оптические мультиплексоры. Рассмотрим некоторые из них.

MLink-STM16 - Оптический мультиплексор высотой 5U уровня STM-1/4/16 для передачи до 190 потоков E1 + Ethernet (10/100/1000-Base-T)

Производитель - ОАО «Микролинк-связь»

Мультиплексор SDH уровня STM-1/4/16: 1655AMU

Производитель Alcatel-Lucent

Модульный мультиплексор с поддержкой Gigabit Ethernet over SDH и защитой матрицы кросс-коннектов.

Магистральные мультиплексоры серии OMS 1600 Ericsson

Производитель «Marconi»

Серия OMS 1600 - это компактная мультисервисной транспортной платформы, предназначены для предоставления широкого спектра услуг и TDM данных. Высокой плотности, увеличение портов и модульная архитектура позволяет операторам для удовлетворения возрастающих потребностей наших клиентов. Отдельный буфер данных устраняет зависимость от SDH-переключатель и может установить серию OMS 1600 модулей расширения оптимизирована исключительно для передачи данных. Благодаря этому серия OMS 1600 может быть использован в качестве ввода-вывода мультиплексор SDH сети, и коммутатор Ethernet. [13]

В данной дипломной работе будет использовано оборудование компании «NetRing». Существует представительство компании в городе Алматы, что существенно облегчит перевозку оборудования на место проектирования. На территории Республики Казахстан с 2007 года осуществляет деятельность компания «NETRING-Service» как одно из подразделений компании «NETRING-HOLDING». Компания «NETRING-Service» активно работает как на операторском, так и на корпоративном рынке городов Астана, Алматы, Шымкент. «NETRING-Сервис» предлагает комплексные отраслевые решения, отвечающие специфике государственных и общественных организаций, коммерческих предприятий различных отраслей бизнеса, а также физических лиц. В каждом случае специалисты «NETRING-сервис» формируют оптимальное решение для телекоммуникационной инфраструктуры. Сегодня «NETRING-сервис» - один из ведущих телекоммуникационных операторов, динамично растущая компания, которая последовательно расширяет спектр инновационных услуг связи, оперативно отвечая на растущие потребности рынка. Преимущества: стабильность, большой опыт в предоставлении телекоммуникационных услуг, широкий спектр услуг, новые технологии, широкополосный доступ в интернет, виртуальные телефонные номера, IP-телефония, видеоконференцсвязь, видео, день и обслуживания клиентов, гибкие тарифы на услуги Интернет, IP-телефонии, высококвалифицированные специалисты, высокое качество



междугородной и международной связи, широкий спектр дополнительных услуг.

Компанией «NetRing» производится мультиплексорное оборудование серий NetRing 2500, STM-1/4/16.



Рисунок 1.2 - NetRing 2500, STM-1/4/16

Оптический мультисервисный узел NG SDH NetRing 2500 является построение и развитие корпоративных сетей и уровней STM-1/STM-4/STM-16. Будучи бюджетное решение, реализует устройства предоставления услуг и передачи данных SDH нового поколения, включая ATM, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet, а также демонстрирует скорость и эффективность. Мультисервисный узел NetRing 2500, выполненные в виде корзины, сочетает в себе функции ввода-вывода (add-drop), мультиплексор (ADM), cross-connect system (DCS), переключения и взаимодействия с Ethernet и ATM-технологии для поддержки надежного packet ring (RPR). Такое мульти-функциональной интеграции различных функций в одном устройстве, что существенно упрощает вопрос создания сети и ее последующего обслуживания.

NetRing 2500 использует распределенную архитектуру кросс-коннектов, который оказывает благоприятное соотношение функциональности и стоимости оборудования. Благодаря применению, NetRing<sup>TM</sup> 2500 предназначен для работы в сетях LAN, MAN, сетей доступа и опорных сетей. Распределенная архитектура кросс-коммутации мульти-узел, позволяет расширить сеть растет в зависимости от количества необходимых оптических интерфейсов и скоростей.

NetRing 2500 поддерживает непрерывные и виртуальная конкатенация VC-12/VS-4/VC-3. Устройство обладает встроенной поддержкой Ethernet, использует преобразования протоколов GFP услуги для Fast Ethernet / Gigabit Ethernet в NxVC-12/VS-4/VC-3, обеспечивает переключение Layer 2, выравнивание механизмы трафика (traffic shaping) и LCAS. NetRing 2500 мультисервисная платформа также предоставляет услуги передачи ATM, обеспечивая интерфейсы STM-1 и инверсного мультиплексирования IMA.

Мультиплексор обеспечивает разнообразные механизмы защиты и резервирования: SDH 1+1 MSP, 1:N MSP, 2/4F Unidirectional MS-SPRing, SONET 1+1 APS, UPSR, 2xFiber BLSR и VC-12/VT1.5 Path Protection. Система

реализует горячее резервирование модулей управления и синхронизации по схеме 1+1. Характеристики мультиплексора показаны на рисунке 1.3.[14]

#### Сетевые интерфейсы

STM-16	1 порт на 1 модуль, максимум 4 порта на корзину
STM-4	1/2/4 порта на 1 модуль, максимум 32 порта на корзину
STM-1	1/2/4 порта на 1 модуль, максимум 32 порта на корзину

#### Распределительные интерфейсы

10/100Base T Ethernet	8 портов на 1 модуль, максимум 48 портов на корзину
1000BaseSX Ethernet	2 порта на 1 модуль, максимум 12 портов на корзину
STM-1	4 порта на 1 модуль, максимум 24 порта на корзину
E1	63 порта на 1 модуль, максимум 378 порта на корзину
E3	3 порта на 1 модуль, максимум 18 портов на корзину
V.35	8 портов на 1 модуль, максимум 48 портов на корзину

#### Кросс-коннект

Ёмкость	SDH 48X48 VC-4 & 1008X1008 VC-12; 80X80 VC-4 & 1512 X1512 VC-12, 128X128 VC-4 & 2016 X2016VC-12
Тип	однонаправленный, двунаправленный, Broadcast, Multicast, Drop и Continue

#### Физические характеристики

Габариты (ВхШхГ)	175мм х 436мм х 281мм
Вес	15 кг при полной комплектации
Рабочая температура	от 0 <sup>0</sup> C до 50 <sup>0</sup> C
Влажность	от 5 до 95% (без конденсации)
Электропитание	- 48 VDC / 24 VDC
Энергопотребление	135 Ватт при полной загрузке
Соответствие техническим условиям	FCC Part 15 Class A, UL1950, NEBS Level 3 ITU-T G.691, G.704, G.707, G.708, G.709, G.781, G.783, G.813, G.814, G.957. Telcordia GR-253-CORE, IEEE802.3, 802.3U/z/ad;802.1/q/p/d/s/w

### Продолжение рисунка 1.3

#### — Передача данных

Структура цикла и сцепление	GFP, постоянная и виртуальная конкатенация на уровнях VC-12/VC-3/VC-4
ATM	
10M/100M base-T	802.1d/p/q/s, 802.3x/ad, VLAN Tagging, VLAN trucking. Ограничение скорости от 100kbps, наращивание шагами по 100kbps, LCAS.
Gigabit Ethernet	802.3z

#### — Синхронизация

SSM, External Bits Clock Stratum 3 или выше, Primary и secondary E1 external timing references, STM-n line timing reference. Hold over, Free runs.
--

#### — Управление

TL1, LCT (local Craftsman Terminal), NetManTM 6000 OMC-O (EMS), OSI/IP DCC совместимость, TMF814.
---

Рисунок 1.3 - Характеристики NetRing 2500

## 2 Расчетная часть

### 2.1 Выбор системы передачи

#### 2.1.1 Расчет населения с учетом среднегодового прироста

Произведём расчёт числа каналов, необходимых для обеспечения связи между Алматы и Жаркентом. В соответствии с заданием предусматривается выделение в с.Шелек и с.Коктал. Количество каналов зависит от население этих городов, а также степень заинтересованности отдельных групп отношений. Для всего населения, будут предоставлены, спектр телекоммуникационных услуг, в том числе:

- высокоскоростной доступ в Интернет;
- услуги телефонной связи;
- услуги телевизионного приема.

Количество населения в заданном пункте, с учётом среднего прироста населения определим по формуле:

$$N_t = N_0 \left(1 + \frac{P}{100}\right)^t, \text{ чел.}, \quad (2.1)$$

где  $N_0$  - количество населения в период проведения переписи, чел;  
 $P$  - среднегодовой прирост населения в данной местности (16%),  
 $t$  - период, находящийся как разность между назначенным годом проектирования и годом проведения переписи населения.

$$t = 5 + (t_m - t_0), \quad (2.2)$$

где  $t_m$  - год составления проекта;  
 $t_0$  - год, к которому относятся данные.

$$t_1 = 5 + (2014 - 2009) = 10$$

По формуле (2.1) определим численность населения в г. Алматы:

$$N_t = 1365600 \left(1 + \frac{16}{100}\right)^{10} = 6024256 \text{ чел.};$$

Определим численность населения в п. Шелек:

$$N_t = 30000 \left(1 + \frac{16}{100}\right)^{10} = 132343 \text{ чел.};$$

Определим численность населения в п. Коктал:

$$N_t = 10000 \left(1 + \frac{16}{100}\right)^{10} = 44114 \text{ чел.};$$

Определим численность населения в г. Жаркент:

$$N_t = 42000 \left(1 + \frac{16}{100}\right)^{10} = 185280 \text{ чел.}$$

По последним данным, численность населения в районах на 2014 год составила:

- г.Алматы-1500000 чел.;
- с.Шелек-32100 чел.;
- с.Коктал-11500 чел.;
- г.Жаркент-45300 чел.

### 2.1.2 Рассчитаем количество телефонных каналов

$$n_{\text{од}} = \alpha \cdot f \cdot y \frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} + \beta, \quad (2.3)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  - постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям,  $\alpha = 1,3$ ;  $\beta = 5,6$ ;

$f$  - коэффициент тяготения,  $f = 5\%$ ;

$y$  - удельная нагрузка,  $y = 0,05$  Эрл;

$m_a$  и  $m_b$  - количество абонентов, обслуживаемых оконечными

станциями АМТС.

Определим количество абонентов АМТС:

$$m = 0,38H_t, \quad (2.4)$$

Для Алматы:

$$m = 0,38 \cdot 1500000 = 570000 \text{ чел.};$$

Для Шелек:

$$m = 0,38 \cdot 32100 = 12198 \text{ чел.};$$

Для Коктал:

$$m = 0,38 \cdot 11500 = 4370 \text{ чел.};$$

Для Жаркента:

$$m = 0,38 \cdot 45300 = 17214 \text{ чел.}$$

По формуле (2.3) получаем количество каналов между пунктами.  
Алматы-Шелек:

$$n_{\partial\partial} = 1,3 \cdot 0,05 \cdot 0,05 \frac{570000 \cdot 12198}{57000 + 12198} + 5,6 = 45 \text{ кан.};$$

Шелек-Коктал:

$$n_{\partial\partial} = 1,3 \cdot 0,05 \cdot 0,05 \frac{12198 \cdot 4370}{12198 + 4370} + 5,6 = 16 \text{ кан.};$$

Коктал-Жаркент:

$$n_{\partial\partial} = 1,3 \cdot 0,05 \cdot 0,05 \frac{4370 \cdot 17214}{4370 + 17214} + 5,6 = 17 \text{ кан.}$$

Рассчитаем общее число каналов:

$$n_{a\bar{b}} = n_{m\phi} + n_{m\pi} + n_{n\pi} + n_{n\partial} + n_{n\pi} \quad (2.5)$$

где  $n_{m\phi}$  - двухсторонние каналы для телефонной связи;

$n_{тг}$  - для телеграфной связи;

$n_{пв}$  - для передачи проводного вещания;

$n_{пд}$  - для передачи данных;

$n_{пг}$  - для передачи газет;

Общее число каналов можно рассчитать по формуле:

$$n_{аб} = 2 \cdot n_{мф} \quad (2.6)$$

Получаем количество каналов между пунктами.  
Алматы-Шелек:

$$n_{\dot{а}\dot{а}} = 2 \cdot 45 = 90 \text{ кан.};$$

Шелек-Коктал:

$$n_{\dot{а}\dot{а}} = 2 \cdot 16 = 32 \text{ кан.};$$

Коктал-Жаркент:

$$n_{\dot{а}\dot{а}} = 2 \cdot 17 = 34 \text{ кан.}$$

### 2.1.3 Расчет требуемого числа потоков

Для Internet требуются отдельные потоки. Примем количество потоков E1, выделяемых для сети Internet, равным 100. Для телевидения - 5 потоков E3. Для сотовых операторов выделим 100 потоков E1. Для аренды органами государственного управления, аренды различными службами и другими лицами выделим 40 потоков E1.

Алматы-Шелек:

$$5E3 + 3E1 + 100E1 + 100E1 + 40E1 = 5 \cdot 34368 \text{ кбит/с} + 243 \cdot 2048 \text{ кбит/с} = 621,65 \text{ Мбит/с.}$$

Шелек – Коктал:

$$5E3 + 1,1E1 + 100E1 + 100E1 + 40E1 = 5 \cdot 34368 \text{ кбит/с} + 241,1 \cdot 2048 \text{ кбит/с} = 615,61 \text{ Мбит/с.}$$

Коктал – Жаркент:

$$5E3 + 1,2E1 + 100E1 + 100E1 + 40E1 = 5 \cdot 34368 \text{ кбит/с} + 241,2 \cdot 2048 \text{ кбит/с} =$$

=615,82 Мбит/с.

Общая необходимая скорость передачи данных будет составлять 2007,08 Мбит/с.

Так как в Алматинской области большой прирост населения и в будущем возможен недостаток скорости передачи данных нам необходимо использовать приемо-передающую аппаратуру SDH иерархии STM-16. Оставшиеся каналы системы планируется сдавать в аренду.

## **2.2 Выбор системы передачи и ее характеристика**

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) – синхронная цифровая иерархия – технология передачи высокоскоростных данных на большие расстояния с использованием в качестве физической среды проводных, оптических и радиолиний связи. Данная технология пришла на смену PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), которая обладала существенным недостатком: сложностью выделения из высокоскоростных потоков низкоскоростных трибутарных каналов. Причина заключается в том, что потоки более высокого уровня в PDH получаются путем последовательного мультиплексирования. Соответственно, для выделения потока необходимо разворачивать весь поток, т.е. проводить операцию демultipлексирования. При этом придется устанавливать дорогостоящее оборудование в каждом пункте, где необходима такая процедур, что значительно увеличивает стоимость строительства и эксплуатации высокоскоростных линий PDH. Технология SDH призвана решить эту проблему. Скорости для SDH уже не ограничиваются 500 Мбит/сек, как это было в PDH.

Рассмотрим принципы синхронной цифровой иерархии. Самой медленной скорости цифрового потока SDH, известный как STM-1 155.52 Мбит / сек. Вся полезная нагрузка передается в так называемый " виртуальный контейнер VC. Данные могут загружаться либо непосредственно в контейнер или в случае потоков PDH, он используется несколько промежуточных контейнеров, возможно, не один уровень вложенности. В любом случае, как следствие, информация должна быть размещена в пределах виртуальный контейнер STM-1. Для каждого виртуального контейнера добавляет Заголовок, который несет службу информации: адресная информация, информация для обнаружения ошибок, полезная нагрузка-данные, и др. Контейнеры всегда имеют фиксированную длину. Для более высокой скорости применяется мультиплексирование до 4 STM-1 ручки в один поток STM-4. Таким образом, можно получить скорость 622.08 Мб / сек. Для еще большей скорости б еще мультиплексирования четыре STM-4 в один поток STM-16, который необходим для скорости передачи 2488.32 Мбит / с, и т.п. Общая схема увеличения скорости четыре STM-N-мультиплексируются в один STM-4hN. В отличие от общей PDH мультиплексирования схема

остается неизменной для всех скоростях. В таблице ниже представлены первые шесть уровней иерархии SDH.

Таблица 2.1 - Уровни иерархии SDH

Обозначение потока SDH	Скорость потока, Мбит/с
STM-1	155,52
STM-4	622,08
STM-16	2488,32
STM-64	9953,28
STM-256	39813,12
STM-1024	159252,48

Причем SDH не ограничена STM-1024. На текущий момент основным ограничением для повышения скорости SDH являются максимально возможные скорости существующих технологий передачи данных. Теоретически, цифровую синхронную иерархию можно продолжать и дальше до бесконечности.

Типовые используемые топологии: кольцо, плоское кольцо, цепь, ячеистая топология.

Для заданного региона (участок Алматы-Жаркент) необходимо обеспечить доступную и надежную магистральную связь. Использование технологии SDH и применение оптического волокна позволит обеспечить эти условия.

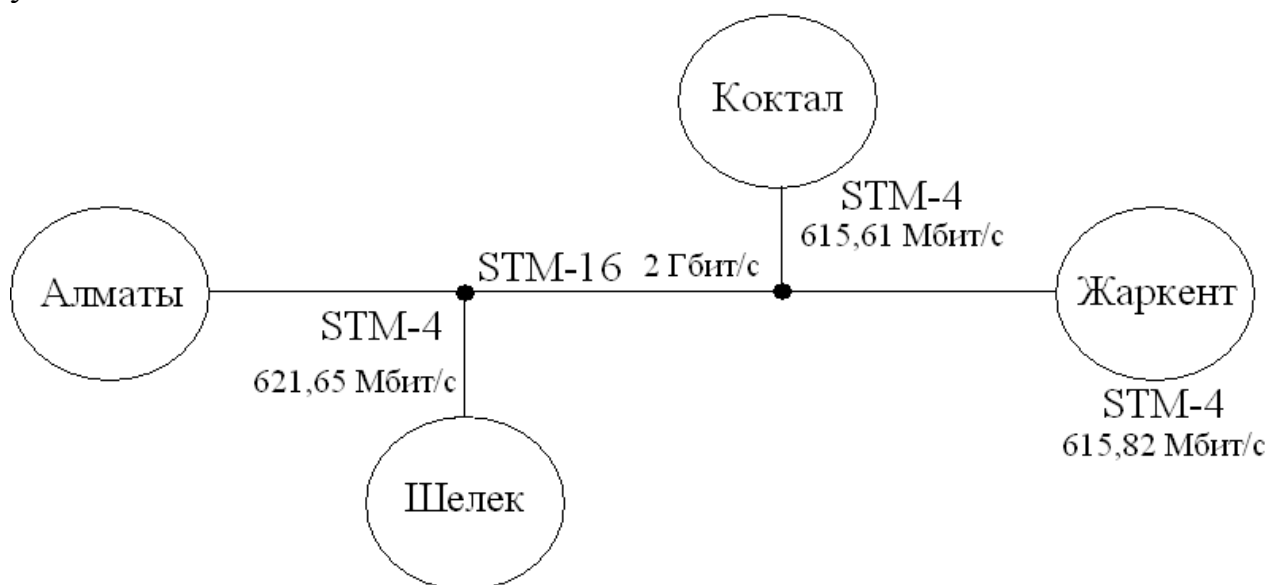


Рисунок 2.1 – Схема магистральной сети, построенной на технологии SDH



## 2.2.1 Параметры оптического интерфейса STM-16

Оптические интерфейсы используются в СЦИ для внутристанционной (внутриобъектовой) и межстанционной связи. Определены 3 категории применения:

I - внутристанционные, с длинами менее 2 км,

S - короткие межстанционные с длинами примерно до 15 км,

L - длинные межстанционные, около 40 км в окне 1310 нм и около 60 км в окне 1550 нм.

В аппаратуре категорий I, S минимизируется стоимость, аппаратура категории L имеет более высокую стоимость, но обеспечивает максимальные длины регенерационных секций.

Параметры различных категорий применения для интерфейса STM-16 приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Параметры STM-16

Цифровой сигнал	STM-16 в соответствии с рекомендациями G.707, G.958 Номинальная скорость передачи 2488.320 Мбит/с					
Код применения	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
Рабочий диапазон длин волн, нм	1265-1360	1260-1360	1430-1580	1280-1335	1480-1580	1480-1580
Передатчик в эталонной точке S						
Тип применения	MLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
Спектральные характеристики						
Макс. среднеквадр. ширина спектра, нм	4	-	-	-	-	-
Макс. ширина спектра - 20 дБ, нм	-	1	1	1	1	1
Мин. подавление соседних мод, дБ	-	30	30	30	30	30
Средняя излуч. мощность, дБм						
максимальная	□ 3	0	0	0	□ 1	0
минимальная	□ 10	□ 5	□ 5	□ 5	□ 4	□ 5
Коэффициент гашения, дБ	8,2	8,2	8,2	10	8,2	10
Оптический тракт между S и R						
Затухание, дБ	0-7	0-12	0-12	10-20	10-20	10-20
Макс. дисперсия, пс/нм	12	нзд	-	нзд	1220	-
Мин. возвратные потери в т. S, дБ	24	24	24	24	24	24
Макс. отражение между S и R, дБ	□ 27	□ 27	□ 27	□ 27	□ 27	□ 27
Приемник в эталонной точке R						
Мин. чувствит, дБ	□ 18	□ 18	□ 18	□ 26	□ 26	□ 26
Мин. перегрузка, дБм	□ 3	0	0	□ 10	□ 9	□ 10
Макс. дополнительные потери ОТ, дБ	1	1	1	1	2	1
Макс. отражение приемника в т. R, дБ	□ 27	□ 27	□ 27	□ 27	□ 27	□ 27

### 2.3 Расчет затухания оптического кабеля

Ослабление важнейших параметров оптического кабеля, который определяет длину объектов регенерации. Существуют две основные причины потерь в волокон - поглощение и рассеивание энергии. Кроме того, есть и потери из-за примесей (таких как гидроксильных групп, в присутствии ионов металлов и др.) и путем дополнительной потери из-за деформации волоконно-оптического кабеля производственного процесса, извиваясь, макро и микро волокна повороты и неоднородностей в технологический процесс производства волокна.

$$\alpha = \alpha_{\Pi} + \alpha_P + \alpha_{\Pi P} + \alpha_D = 0,032 + 0,13 = 0,162 \text{ дБ/км.}, \quad (2.7)$$

где  $\alpha$  - собственные потери, дБ/км;

$\alpha_{\Pi}$  - потери поглощения, дБ/км;

$\alpha_P$  - потери рассеяния, дБ/км;

$\alpha_{\Pi P}$  - потери на примесях, дБ/км;

$\alpha_D$  - на дополнительных потерях, дБ/км.

Поглощение света в стекле определяется следующими тремя факторами: эгоцентризм волокна материала, поглощения примесей и дефектов на атомно-абсорбционном. Поглощения убытков в значительной степени зависит от чистоты материала и наличие примесей могут быть значительными.

Проведем расчет по формуле:

$$\alpha_{\Pi} = 4,34 \cdot 10^3 \cdot \frac{\pi \cdot n_1 \cdot \text{tg} \delta}{\lambda} = 4,34 \cdot 10^3 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-12}}{1,55 \cdot 10^{-6}} = 0,032 \text{ дБ/км.}, \quad (2.8)$$

где  $n_1$  - показатель преломления сердцевины;

$\text{tg} \delta$  - тангенс угла диэлектрических потерь,  $\text{tg} \delta = 2,4 \cdot 10^{-12}$ ;

$\lambda$  - длина волны, м.

Рассеяние происходит из-за неоднородностей на волокно материал, тепловых флуктуаций показателя преломления сердцевины и наличие микро-дефекты. Потери на рассеяние определяют по формуле:

$$\alpha_P = 4,34 \cdot 10^3 \cdot \frac{8 \cdot \pi^3 \cdot (n_1^2 - 1)}{3 \cdot \lambda^4} \cdot K \cdot T \cdot \chi = 4,34 \cdot 10^3 \cdot \frac{8 \cdot 3,14^3 \cdot (1,5^2 - 1)}{3 \cdot (1,55 \cdot 10^{-6})^4} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 1500 \cdot 8,1 \cdot 10^{-11} = 0,13 \text{ дБ/км.}, \quad (2.9)$$

где  $n_1$  - показатель преломления сердцевины;

$\lambda$  - длина волны, м;

$K$  - постоянная Больцмана,  $K = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К;

$T$  - температура изготовления стекла,  $T = 1500$  К;

$\chi$  - коэффициент сжимаемости,  $\chi = 8,1 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/Н.

Потери из-за примеси могут быть проигнорированы, дополнительные потери в оптического кабеля 0,1 ÷ 0,5 дБ / км. Проект был выбран кабельной продукции высоких технологий, в которой потери в кабеле очень мала. Полученное значение не должно превышать значение паспорт килограмм показателя затухание кабеля (0,179 дБ/км).

## 2.4 Расчет дисперсии и пропускной способности

Дисперсия - это рассеяния, спектральной или времени, в режиме компоненты оптического сигнала, это увеличивает Длительность импульса для прохода через оптический или коаксиальный кабель. Существует три вида дисперсии: модальные, материал и волновода. Дисперсионные искажения носят характер фазовых искажений. На работе они выражаются в DSP уширения импульса передачи и, как следствие - ограничение полосы пропускания оптического кабеля.

Причины дисперсии:

-Наличие большого числа мод;

-Не источники когерентного излучения.

Дисперсия возникающие из-за существования большого числа событий, называемый режим модовой.

Отклонение из-за некогерентных источников света, называемая хроматической и состоит из двух составляющих – материальной и волновода дисперсий. Материальная дисперсия обусловлена зависимостью показателя преломления от длины волны  $n=f(\lambda)$ .

Волноводная дисперсия коэффициента в силу зависимости от длины волны распространения  $\beta=f(\lambda)$ . Поскольку в нашем случае, одномодовый кабель и не модальные дисперсии, в результате чего дисперсия равна хроматические, что сумма материального и волноводных:

$$\tau_{PEZ} = \tau_{XP} = |\tau_M + \tau_B| = |-6 + 3| = 3 \text{ пс/км.}, \quad (2.10)$$

где  $\tau_{PEZ}$  - результирующая дисперсия;

$\tau_{XP}$  - хроматическая дисперсия;

$\tau_M$  - материальная дисперсия;

$\tau_B$  - волноводная дисперсия.

Материальная дисперсия:

$$\tau_M = \Delta\lambda \cdot M(\lambda) = 0,3 \cdot (-20) = -6 \text{ пс/км.}, \quad (2.11)$$

где  $\Delta\lambda$  - спектр излучения источника, составляет 0,1...0,5 нм, в нашем случае  $\Delta\lambda = 0,3$  нм;

$M(\lambda)$  - удельная материальная дисперсия, кварцевого стекла

$$M(\lambda) = -20 \frac{\text{пс}}{\text{км} \cdot \text{нм}} \text{ на длине волны } \lambda = 1,55 \text{ мкм}.$$

Волноводная дисперсия, вычисляется по формуле:

$$\tau_B = \Delta\lambda \cdot \beta(\lambda) = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ пс/км.}, \quad (2.12)$$

где  $\Delta\lambda$  - спектр излучения источника,  $\Delta\lambda = 0,3$  нм;

$\beta(\lambda)$  - волноводная дисперсия материала, кварцевого стекла

$$\beta(\lambda) = 10 \frac{\text{пс}}{\text{км} \cdot \text{нм}} \text{ на длине волны } \lambda = 1,55 \text{ мкм}.$$

В итоге, проведя необходимые расчеты, получили значение результирующей дисперсии 3 пс/км.

Наряду с ослаблением из самых важных параметров волоконно-оптических систем передачи, пропускная способность  $\Delta F$ , забывают волновода. Ширина полосы пропускания определяется количество информации, которое может быть передано через оптические волокна.  $\Delta F$  ограничение применяется для цифровых систем передачи и объясняется тот факт, что обороты на прием приходит размытым, искаженным из-за разных скоростей распространения в волокне ее отдельных составляющих частоты.

Пропускная способность:

$$\Delta F = \frac{0,44}{\tau_{PE3}} = \frac{0,44}{3 \cdot 10^{-12}} = 146,7 \text{ МГц} \cdot \text{км}, \quad (2.13)$$

где  $\Delta F$  - полоса пропускания;

$\tau_{PE3}$  - результирующая дисперсия.

Из расчета получено, что значение полосы пропускания позволяет осуществлять работу выбранной системы передачи синхронной цифровой иерархии.

## 2.5 Расчет длины регенерационного участка

При проектировании высокоскоростных ВОСП должны рассчитываться отдельно длина участка регенерации по затуханию ( $L_a$ ) и длина участка регенерации по широкополосности ( $L_b$ ), так как причины, ограничивающие предельные значения  $L_a$  и  $L_b$ , независимы.

В общем случае необходимо рассчитывать две величины длины участка регенерации по затуханию :

$L_{\alpha\max}$  - максимальная проектная длина участка регенерации;

$L_{\alpha\min}$  - минимальная проектная длина участка регенерации.

Для оценки величины длин участка регенерации могут быть использованы следующие выражения:

$$L_{\alpha\max} < \frac{A_{\max} - M - n \cdot a_{рс}}{\alpha_{ок} + \frac{a_{нс}}{L_{стр}}}, \quad (2.14)$$

$$L_{\alpha\min} > \frac{A_{\min}}{\alpha_{ок} + \frac{a_{нс}}{L_{стр}}}, \quad (2.15)$$

$$L_b = \frac{4,4 \cdot 10^5}{\tau \cdot (\Delta\lambda) \cdot B}, \quad (2.16)$$

где  $A_{\max}$  и  $A_{\min}$  - максимальное и минимальное значения перекрываемого затухания аппаратуры ВОСП, обеспечивающее к концу срока службы значение коэффициента ошибок не более  $1 \cdot 10^{-10}$ , [дБ];

$\alpha_{ок}$  - километрическое затухание в оптических волокнах кабеля,  $\left[\frac{дБ}{км}\right]$ ;

$a_{нс}$  - среднее значение затухания мощности оптического излучения неразъемного оптического соединителя на стыке между строительными длинами кабеля на участке регенерации, [дБ];

$L_{стр}$  - среднее значение строительной длины кабеля на участке регенерации, [км];

$a_{рс}$  - затухание мощности оптического излучения разъемного оптического соединителя, [дБ];

$n$  - число разъемных оптических соединителей на участке регенерации;

$\tau_{пс}$  - результирующая дисперсия одномодового оптического волокна,  $\frac{пс}{нм(км)}$ ;

$(\Delta\lambda)$  - ширина спектра источника излучения, [нм];

$B$  - широкополосность цифровых сигналов, передаваемых по оптическому тракту, [МГц];

$M$  - системный запас ВОСП по кабелю на участке регенерации, [дБ].

$A_{\max}$  определяется как разность между минимальным уровнем мощности оптического излучения на передаче и уровнем чувствительности приемника для ВОСП. Для интерфейса L-16.2 оборудования NetRing 2500:

$$P_{\text{чувств.фотодиода}} = -26 \text{ дБм},$$

$$P_{\text{пд}} = -4 \div +1 \text{ дБм},$$

Тогда:

$$A_{\max} = -4 + 26 = 22 \text{ дБ}.$$

$A_{\min}$  определяется как разность между максимальным уровнем мощности оптического излучения на передаче и уровнем перегрузки приемника для ВОСП.

$$P_{\text{перегрузки}} = -9 \text{ дБм},$$

$$A_{\min} = 1 + 9 = 10 \text{ дБ},$$

$$M = 3 \text{ дБ}, \text{ (для средних условий эксплуатации),}$$

$$\alpha_{\text{ок}} = 0,179 \text{ дБ/км},$$

$$a_{\text{нс}} = 0,05 \text{ дБ},$$

$$a_{\text{рс}} = 0,3 \text{ дБ},$$

$$\Delta\lambda = 0,3$$

$$L_{\text{стр}} = 4 \text{ км},$$

$$B = 2487,32 \text{ Мбит/с},$$

$$n = 2$$

$$\tau = 3 \text{ пс/км}.$$

По формуле 2.14 рассчитаем максимальную длину РУ для интерфейса L-16.2:

$$L_{\alpha\max} < \frac{22 - 3 - 2 \cdot 0,3}{0,179 + \frac{0,05}{4}} = 96,08 \text{ км},$$

Минимальную длину РУ рассчитаем по формуле 2.15 :

$$L_{\alpha\min} > \frac{10}{0,179 + \frac{0,05}{4}} = 52,22 \text{ км},$$

Длину участка регенерации по широкополосность рассчитаем по формуле 2.16 при использовании интерфейса L-16.2:

$$L_{\text{в}} = \frac{4,4 \cdot 10^5}{3 \cdot 0,3 \cdot 2487,32} = 196,55 \text{ км}.$$

Условие  $L_{\Sigma} > L_{\alpha\max}$  выполнено, значит можно пользоваться выбранной аппаратурой.

## 2.6 Расчет диаграммы уровней передачи

Для расчета диаграммы уровней необходимо число уровня приема на входе обслуживаемых регенерационных пунктов. Из этого известного уровня передачи отнимаем затухание всех регенерационных участков:

$$P_{\Pi P} = P_{\Pi EP} - \alpha \cdot l_{PY} - \left( \frac{l_{PY}}{l_{CT}} - 1 \right) \cdot \alpha_{HC} - n_{PC} \cdot \alpha_{PC}, \text{ дБм}, \quad (2.17)$$

где  $P_{\Pi P}$  - уровень на входе приемника, дБм;

$P_{\Pi EP}$  - уровень мощности источника излучения,  $P_{\Pi AD} = -4$  дБм;

$\alpha$  - коэффициент затухания кабеля,  $\alpha = 0,162$  дБ/км;

$l_{PY}$  - расстояние регенерационного участка, км;

$l_{CT}$  - строительная длина кабеля,  $l_{CT} = 4$  км;

$\alpha_{HC}$  - потери в неразъемных соединениях, а  $\alpha_{HC} = 0,1$  дБ;

$n_{PC}$  - количество разъемных соединений;

$\alpha_{PC}$  - потери в разъемных соединениях,  $\alpha_{PC} = 0,5$  дБ.

Подставляя в формулу (2.17) известные значения, рассчитаем уровень приема в пунктах Шелек, Коктал, Жаркент.

Участок Алматы – Шелек имеет номинальную длину 112 км, рассчитаем уровень приёма в Шелек:

$$P_{\Pi D} = -4 - 0,162 \cdot 112 - \left( \frac{112}{4} - 1 \right) \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,5 = -25,8 \text{ дБм}.$$

Участок Шелек - Коктал имеет номинальную длину 178 км, рассчитаем уровень приёма в Коктал:

$$P_{\Pi D} = -4 - 0,162 \cdot 178 - \left( \frac{178}{4} - 1 \right) \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,5 = -38,2 \text{ дБм}.$$

Участок Коктал - Жаркент имеет номинальную длину 13 км, рассчитаем уровень приёма в Жаркент:

$$P_{\Pi D} = -4 - 0,162 \cdot 13 - \left( \frac{13}{4} - 1 \right) \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,5 = -7,3 \text{ дБм}.$$

Как видно из расчетов, полученные значения уровня оптического излучения на приеме не превышают максимального и не ниже минимального уровня приема системы передачи.

## 2.7 Расчет защищенности от взаимных помех в ВОЛС

Полная оценка свойств любой линии связи должны знать, явления переноса энергии из одной цепи в другую цепь и иммунитет от помех. Помехи появляются в виде перекрестных помех и шума. Переходное затухание снижение разборчивости речи, шум влияния помех. Волоконная оптика обычно ОК ядра могут иметь влияние на соседние волокна в результате взаимной передаче энергии от друга волокна.

Помехи между ОВ, что обусловлено следующими факторами:

- утечки энергии через волокна оболочки, при этом распространения волнового поля в поперечной плоскости уменьшается экспоненциально с тонкой скорлупой и может просачиваться в окружающее пространство, и возбудить беспорядки в соседних волокнах;
- наличие микро и макро изгибы изгибы ОВ, ведущих к выбросу энергии волн, направленных в окружающее пространство, и его переход в волокна.

Оптические волокна в общем сердечнике оптического кабеля. Кабель оказывать мешающего воздействия на соседние оптических волокон в виде помех. Природа взаимные наводки ОК, связанных с распространением волн, действующих в оптических волокнах. Волна ввода оболочка, многократно отражается от границы "ядро - оболочка" ( $n_1 - n_2$ ) и "оболочка - воздух" ( $n_2 - n_3$ ) и частично проникает за пределы оболочки. Как следствие, пространство, окружающее оптическое волокно, проходит сумма полей, которые, протекая в соседние волокна, представлены в виде перекрестных помех. Коэффициенты прохождения и отражения на границах "ядро - оболочка" обозначается как  $p_{12}$  и  $q_{12}$ , и на границах "оболочка - воздух" -  $q_{23}$  и  $p_{23}$ . Коэффициенты пропускания  $q_{12}$  и  $q_{23}$  и  $p_{12}$  и  $p_{23}$  отражение может быть выражена в терминах показателей преломления сердцевин и оболочки:

$$q_{12} = \frac{2 \cdot n_1}{n_1 + n_2} = \frac{2 \cdot 1,5}{(1,5 + 1,48)} = 1,0067 \quad (2.18)$$

где  $q_{12}$ -коэффициент прохождения на границе «сердечник - оболочка»;  
 $n_1$  -коэффициент преломления сердечника;  
 $n_2$  -коэффициент преломления оболочки;  
 $n_3$  -коэффициент преломления воздуха.

$$q_{23} = \frac{2 \cdot n_2}{n_2 + n_3} = \frac{2 \cdot 1,48}{(1,48 + 1)} = 1,1936 \quad (2.19)$$



где  $q_{23}$ -коэффициент прохождения на границе «оболочка - воздух».

$$p_{12} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} = \frac{1,5 - 1,48}{1,5 + 1,48} = 0,0067 \quad (2.20)$$

где  $p_{12}$ -коэффициент отражения на границе «сердечник - оболочка».

$$p_{23} = \frac{n_2 - n_3}{n_2 + n_3} = \frac{1,48 - 1}{1,48 + 1} = 0,1936 \quad (2.21)$$

где  $p_{23}$ -коэффициент отражения на границе «оболочка - воздух».

Основным параметром, характеризующим долю утечки энергии через облицовки значение коэффициента ослабления помех  $N$  колеблется от одного до нуля. В последнем случае, т.е.. для  $N = 0$ , при условии, наибольший защитный эффект оболочки и высшей переходное затухание между волноводов в оптического кабеля.

Значение  $N$  уменьшается с увеличением частоты и увеличение толщины оболочки. С увеличением коэффициента  $n_1/n_2$  защитный эффект сердечник увеличивается, так как увеличивается отражения в качестве границы "ядро - оболочка", мы делаем выплаты по формуле:

$$N = \frac{q_{12} \cdot q_{23} \cdot e^{-kt}}{1 - p_{12} \cdot p_{23} \cdot e^{-2kt}} = \frac{1,0067 \cdot 1,1936 \cdot e^{-3,09810^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}}{1 - 0,0067 \cdot 0,1936 \cdot e^{-2 \cdot 3,09810^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 2,448 \cdot 10^{-3} \quad (2.22)$$

где  $N$  -коэффициент ослабления помех;

$q_{12}$  -коэффициент прохождения на границе «сердечник - оболочка»;

$q_{23}$  -коэффициент прохождения на границе «оболочка - воздух»;

$p_{12}$  -коэффициент отражения на границе «сердечник - оболочка»;

$p_{23}$  -коэффициент отражения на границе «оболочка - воздух»;

$t$  -толщина оболочки,  $t = 2$  мкм;

$k$  -коэффициент потерь в оболочке.

$$k = 2 \cdot \pi \cdot f \sqrt{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \mu_0 \cdot \mu} = 2 \cdot 3,14 \cdot 10^{14} \sqrt{\frac{10^{-9}}{36 \cdot 3,14} \cdot 1,48^2 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 1} = 3,098 \cdot 10^6 \quad (2.23)$$

где  $f$  -частота,  $f = 10^{14}$  Гц;

$\varepsilon_0$  -относительная диэлектрическая проницаемость,  $\varepsilon_0 = 10^{-9}/36\pi$  Ф/м;

$\varepsilon$  -диэлектрическая проницаемость оболочки,  $\varepsilon = n^2 = 1,48^2$ ;

$\mu_0$  -относительная магнитная проницаемость  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$  Гн/м;

$\mu$  -магнитная проницаемость оболочки,  $\mu = 1$ .

Уровень взаимных влияний в оптических кабелях зависит от конструкции сердечника кабеля, т.е. взаимное расположение волокон. Наибольшее взаимное влияние будет наблюдаться в структурах с повивной сердечником. В ленточного типа конструкций и конструкций с прямоугольным сердечником взаимное влияние между волокон имеют уменьшенный размер. Степень влияния между ОВ можно найти, рассчитав вторичные параметры влияния от двух соседних волокон. Переходное затухание на ближнем конце по формуле:

$$A_0 = 20 \lg \left| \frac{4\alpha}{N^2 \cdot m \cdot (1 - e^{-2\alpha \cdot l_{py}})} \right| \text{ дБ/км.}, \quad (2.24)$$

где  $\alpha$  -рассчитанный коэффициент затухания кабеля,  $\alpha = 0,162$  дБ/км;  
 $m$  -коэффициент связи между оптическими волокнами, который зависит от расстояния между волокнами (при непосредственном касании волокон по всей длине кабеля  $m = 1$ , при удалении волокон на расстояние порядка их радиуса  $m = 0,6 \dots 0,7$ ;

$l_{py}$  -длина регенерационного участка, км.

Произведем расчет по формуле (2.24):

Участок Алматы-Шелек:

$$\dot{A}_0 = 20 \lg \left| \frac{4 \cdot 0,162}{(2,448 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,7 \cdot (1 - e^{-2 \cdot 0,162 \cdot 112})} \right| = 154,5 \text{ дБ/км.}$$

Участок Шелек - Коктал:

$$\dot{A}_0 = 20 \lg \left| \frac{4 \cdot 0,162}{(2,448 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,7 \cdot (1 - e^{-2 \cdot 0,162 \cdot 176})} \right| = 154,5 \text{ дБ/км.}$$

Участок Коктал - Жаркент:

$$\dot{A}_0 = 20 \lg \left| \frac{4 \cdot 0,162}{(2,448 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,7 \cdot (1 - e^{-2 \cdot 0,162 \cdot 13})} \right| = 156,8 \text{ дБ/км.}$$

Защищенность от помех рассчитывается по формуле:

$$A_3 = 20 \lg \left| \frac{2}{N^2 \cdot m \cdot l_{py}} \right| \text{ дБ.}, \quad (2.25)$$

где  $N$  -коэффициент ослабления помех;

$m$ -коэффициент связи между оптическими волокнами;

$l_{py}$  -длина регенерационного участка, км.

Произведем расчет защищенности от помех, значение коэффициента ослабления от помех возьмём из формулы (2.25):

Участок Алматы-Шелек:

$$\dot{A}_c = 20 \lg \left| \frac{2}{(2,448 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,7 \cdot 112} \right| = 42,6 \text{ дБ.}$$

Участок Шелек - Коктал:

$$\dot{A}_c = 20 \lg \left| \frac{2}{(2,448 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,7 \cdot 176} \right| = 27,1 \text{ дБ.}$$

Участок Коктал - Жаркент:

$$\dot{A}_c = 20 \lg \left| \frac{2}{(2,448 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,7 \cdot 13} \right| = 36,7 \text{ дБ.}$$

Переходное затухание на дальнем конце:

$$A_\ell = A_3 + \alpha \cdot l_{py} \text{ дБ.,} \quad (2.26)$$

где  $A_3$  -защищенность от помех, дБ;

$\alpha$  -рассчитанный коэффициент затухания кабеля,  $\alpha = 0,162$  дБ/км;

$l_{py}$  -длина регенерационного участка, км.

Участок Алматы-Шелек:

$$A_\ell = 42,6 + 0,162 \cdot 112 = 60,7 \text{ дБ.}$$

Участок Шелек - Коктал:

$$A_\ell = 27,1 + 0,162 \cdot 176 = 55,6 \text{ дБ.}$$

Участок Коктал - Жаркент:

$$A_\ell = 36,7 + 0,162 \cdot 13 = 38,8 \text{ дБ.}$$

## 2.8 Расчет показателей надежности магистрали

Надежность волоконно-оптические линии связи - это свойство находится в состоянии передать необходимую информацию с заданным качеством в течение определенного периода времени.

Волоконно-оптическая линия связи, может рассматриваться как система, состоящая из двух сосуществующих структур : линейные и вокзала. Каждая из этих структур в определении надежности можно рассматривать как изолированную систему. В теории надежности применительно к ВОЛС используются следующие понятия:

- провал - повреждение волоконно-оптические линии связи с перебоями из-за одного или всех множественность каналов связи;
- провал – повреждение не привести к закрытию связи;
- характеризуется состояние строки, в которых значение одного или нескольких параметров не соответствует установленным требованиям;
- среднее время между отказами (MTBF) - среднее время между отказами, выраженная в часах;
- среднее время восстановления службы - среднее время истек тайм-аут соединения, выраженной в часах;
- отказов - среднее число отказов в единицу времени (час);
- государство вероятность - вероятность того, что данный промежуток времени не возникает на линии отказа;
- коэффициент готовности - вероятность нахождения линии в безотказном государство произвольно выбранное время;
- коэффициент простоя - вероятность нахождения линии в аварийном состоянии в произвольный момент времени.

Надежность в соответствии с пунктом (системы), следует понимать его способность выполнять заданные функции с заданным качеством в течение определенного периода времени на определенных условиях. Изменение состояния системы (System), что влечет за собой потерю имущества, называется провал. Системы передачи принадлежит восстановление систем, в которых недостатки могут быть устранены. Теория вероятности неудачи рассматриваются как случайные события. Время от включения до первого отказа-случайная переменная, которая называется "время безотказной работы". Интегральная функция распределения случайной переменной, представляющей (по определению) - вероятность безотказной работы - это меньше, чем  $t$ , обозначается  $q(t)$  и имеет смысл вероятности отказа в интервале  $0 \dots t$ .

Вероятность противоположного события - безотказной работы на этом интервале:

$$p(t) = 1 - q(t) \quad (2.27)$$

Удобный показатель надежности компонентов и систем, является интенсивность отказов  $\lambda(t)$ , которая является условной плотности вероятности сбоев в момент времени  $t$ , при условии, что до этого момента не было сбоев. Между функции  $\lambda(t)$  и  $p(t)$  существует взаимосвязь:

$$p(t) = e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau} \quad (2.28)$$

При нормальной эксплуатации (после бега, но, прежде чем они станут из-за физического износа) примерно постоянной интенсивности отказов  $\lambda(t) \approx \lambda$ . В этом случае:

$$p(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.29)$$

Таким образом, постоянной интенсивности отказов, характерными для этого периода нормальной эксплуатации, соответствует экспоненциальной уменьшить вероятность безотказной работы в течение времени.

$$t_{cp} = \int_0^{\infty} t \left[ \frac{dq}{dt} \right] dt = \lambda \int_0^{\infty} t \cdot e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad (2.30)$$

Следовательно, среднее время безотказной работы при нормальной эксплуатации обратно пропорциональна интенсивности отказов определяется:

$$t_{cp} = \frac{1}{\lambda}, \quad (2.31)$$

где  $\lambda$  - интенсивность отказов системы.

Мы оценке надежности сложной системы, состоящей из многих разнородных элементов. Пусть  $p_{12}(t)$ ,  $p_{21}(t)$ , ...,  $P_{R1}(t)$  - вероятность безотказной работы каждого элемента в интервале времени от 0 до  $t$ ,  $r$  - количество элементов в системе. Если сбои происходят независимо от отдельных элементов, и отказ не менее одного элемента приводит к отказу всей системы (этот тип соединения элементов в теории вероятности называется последовательным), вероятность отказа всей системы представляет собой произведение вероятностей безотказной работы его отдельных компонентов:

$$P_{сист}(t) = e^{-\eta_{сист} t}, \quad (2.32)$$

где  $\eta_{сист}$  - интенсивность отказов системы;

$t$  - время безотказной работы.

Среднее время безотказной работы системы определяется формулой:

$$t_{ср\,сист} = \frac{1}{\eta_{сист}} \quad (2.33)$$

Основные возможности включают надежности восстанавливаемых систем коэффициент готовности. Это соответствует вероятности того, что элемент (система) будет работать в любое время:

$$K_{Г} = \frac{t_{ср\,сист}}{t_{ср\,сист} + t_{в}}, \quad (2.34)$$

где  $t_{в}$  - среднее время восстановления элемента (системы).

Наличие оборудования для интегральный-линейный путь линия Lmax = Максимальная длина 1400 км должен быть больше, чем 0.99. Отказов линейной путь, определяемый как сумма интенсивностей обслуживаемые и необслуживаемые сбоев регенерации очков и кабеля:

$$\eta_{сист} = \lambda_{ОРП} \cdot q_{ОРП} + \lambda_{НРП} \cdot q_{НРП} + \lambda_{каб} \cdot L, \frac{1}{ч}, \quad (2.35)$$

где  $\lambda_{ОРП}$  - интенсивность отказов ОРП,  $\lambda_{ОРП} = 10^{-7} \frac{1}{ч}$ ;

$q_{ОРП}$  - количество ОРП;

$\lambda_{НРП}$  - интенсивность отказов НРП,  $\lambda_{НРП} = 3 \cdot 10^{-8} \frac{1}{ч}$ ;

$q_{НРП}$  - количество НРП;

$\lambda_{каб}$  - интенсивность отказов одного километра кабеля,  $\lambda_{каб} = 5 \cdot 10^{-8} \frac{1}{ч}$ ;

$L$  - протяженность магистрали, км.

В нашем случае, расстояние между НРП заключается в том, что ОРП не требуется для установки, поэтому отказ расчета ставки могут быть изготовлены по упрощенной формуле:

$$\eta_{н\grave{e}н\grave{o}} = \lambda_{л\grave{b}л} \cdot q_{л\grave{b}л} + \lambda_{\grave{e}а\grave{a}} \cdot L, \frac{1}{ч} \quad (2.36)$$

Среднее время восстановления связи находим из выражения:

$$t_{\grave{a}} = \frac{\lambda_{л\grave{b}л} \cdot q_{л\grave{b}л} \cdot t_{\grave{a}л\grave{b}л} + \lambda_{л\grave{b}л} \cdot q_{л\grave{b}л} \cdot t_{\grave{a}л\grave{b}л} + \lambda_{\grave{e}а\grave{a}} \cdot L \cdot t_{\grave{a}\grave{e}а\grave{a}}}{\eta_{н\grave{e}н\grave{o}}}, \quad (2.37)$$

где  $t_{вОРП}$  - время восстановления ОРП,  $t_{вОРП} = 0,5ч$ ;

$t_{в НРП}$  - время восстановления НРП,  $t_{в НРП} = 4 ч$ ;

$t_{в каб}$  - время восстановления кабеля,  $t_{в каб} = 5 ч$ .

В отсутствие НРП, рассчитать среднее время восстановления также производится по упрощенной формуле:

$$t_{\bar{a}} = \frac{\lambda_{\bar{a} \bar{b}} \cdot q_{\bar{a} \bar{b}} \cdot t_{\bar{a} \bar{b}} + \lambda_{\bar{a} \bar{a}} \cdot L \cdot t_{\bar{a} \bar{a}}}{\eta_{\bar{a} \bar{b} \bar{a}}} \quad (2.38)$$

Если расчет надежности проектируемых ВОЛС показатели надежности не удовлетворяют требованиям первичной публичной сети, то использовать различные функции для повышения надежности волоконно-оптических линий связи, или заменить наименее надежных компонентов для одного типа оборудования другого производителя (с большей надежностью), либо внести изменения в организационной схеме соединений путем введения избыточности (элементы или линейный путь к узел выключателя), организации вычета кабельных линий за пределами населенных пунктов, в обход оползневой и селевой областях, замена оптический кабель надежнее. Затем повторяется для выбранных вариантов оплаты показатели надежности ВОЛС и еще раз сравнить полученные значения, требуемые значения.

## 2.8.1 Расчет надежности на участке Алматы - Шелек

Произведем расчет надежности кабельной магистрали на участке Алматы - Шелек. Длина магистрали равна 112 км.

В соответствии с формулой (2.36) произведем расчет величины интенсивности отказов:

$$\eta_{\bar{a} \bar{b} \bar{a}} = 10^{-7} \cdot 2 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 112 = 5,8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\div}$$

Расчет среднего времени восстановления произведем по формуле (2.38):

$$t_{\bar{a}} = \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 0,5 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 112 \cdot 5}{5,8 \cdot 10^{-6}} = 4,84 \div.$$

Среднее время безотказной работы системы определяется формулой (2.33):

$$t_{\bar{a} \bar{b} \bar{a} \bar{b} \bar{a}} = \frac{1}{5,8 \cdot 10^{-6}} = 1,724 \cdot 10^5 \div.$$

По формуле (2.34), коэффициент готовности равен:

$$K_{\bar{A}} = \frac{1,724 \cdot 10^5}{1,724 \cdot 10^5 + 4,84} = 0,999972$$

По формуле (2.32) определим вероятность безотказной работы системы в течение суток, в течение месяца и в течение года.

Вероятность безотказной работы системы в течение суток ( $t_1 = 24$  ч):

$$P_{\bar{n}\bar{\delta}\bar{n}\bar{\delta}}(t) = e^{-5,8 \cdot 10^{-6} \cdot 24} = 0,99986.$$

Вероятность безотказной работы системы в течение месяца ( $t_2 = 720$  ч):

$$P_{\bar{n}\bar{\delta}\bar{n}\bar{\delta}}(t) = e^{-5,8 \cdot 10^{-6} \cdot 720} = 0,995832.$$

Вероятность безотказной работы системы в течение года ( $t_3 = 8760$  ч):

$$P_{\bar{n}\bar{\delta}\bar{n}\bar{\delta}}(t) = e^{-5,8 \cdot 10^{-6} \cdot 8760} = 0,950461.$$

## 2.8.2 Расчет надежности на участке Шелек – Коктал

Произведем расчет надежности кабельной магистрали на участке Шелек - Коктал. Длина магистрали равна 176 км.

В соответствии с формулой (2.36) интенсивность отказов равна:

$$\eta_{\bar{n}\bar{\delta}\bar{n}\bar{\delta}} = 10^{-7} \cdot 2 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 176 = 9 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\div}$$

Расчет среднего времени восстановления произведем по формуле (2.38):

$$t_{\bar{a}} = \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 0,5 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 176 \cdot 5}{9 \cdot 10^{-6}} = 4,9 \div.$$

Среднее время безотказной работы системы определяется формулой (2.33):

$$t_{\bar{n}\bar{\delta}\bar{n}\bar{\delta}\bar{a}} = \frac{1}{9 \cdot 10^{-6}} = 1,111 \cdot 10^5 \div.$$

По формуле (2.34), коэффициент готовности равен:

$$K_{\bar{A}} = \frac{1,111 \cdot 10^5}{1,111 \cdot 10^5 + 4,9} = 0,999955.$$



По формуле (2.32) определим вероятность безотказной работы системы в течение суток, в течение месяца и в течение года.

Вероятность безотказной работы системы в течение суток ( $t_1 = 24$  ч):

$$P_{\bar{n}\bar{e}\bar{n}\bar{o}}(t) = e^{-9 \cdot 10^{-6} \cdot 24} = 0,999784.$$

Вероятность безотказной работы системы в течение месяца ( $t_2 = 720$  ч):

$$P_{\bar{n}\bar{e}\bar{n}\bar{o}}(t) = e^{-9 \cdot 10^{-6} \cdot 720} = 0,993540.$$

Вероятность безотказной работы системы в течение года ( $t_3 = 8760$  ч):

$$P_{\bar{n}\bar{e}\bar{n}\bar{o}}(t) = e^{-9 \cdot 10^{-6} \cdot 8760} = 0,924187.$$

### 2.8.3 Расчет надежности на участке Коктал – Жаркент

Произведем расчет надежности кабельной магистрали на участке Коктал - Жаркент. Длина магистрали равна 13 км.

В соответствии с формулой (2.36) интенсивность отказов равна:

$$\eta_{\bar{n}\bar{e}\bar{n}\bar{o}} = 10^{-7} \cdot 2 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 13 = 8,5 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{ч}}$$

Расчет среднего времени восстановления произведем по формуле (2.38):

$$t_a = \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 0,5 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 13 \cdot 5}{8,5 \cdot 10^{-7}} = 3,94 \text{ ч.}$$

Среднее время безотказной работы системы определяется формулой (2.33):

$$t_{\bar{n}\bar{d}\bar{n}\bar{e}\bar{n}\bar{o}} = \frac{1}{8,5 \cdot 10^{-7}} = 1,176 \cdot 10^6 \text{ ч.}$$

По формуле (2.34), коэффициент готовности равен:

$$K_{\bar{A}} = \frac{1,176 \cdot 10^6}{1,176 \cdot 10^6 + 3,94} = 0,999996$$

По формуле (2.32) определим вероятность безотказной работы системы. Вероятность безотказной работы системы в течение суток ( $t_1 = 24$  ч):

$$P_{\bar{n}\bar{e}\bar{n}\bar{o}}(t) = e^{-8,5 \cdot 10^{-7} \cdot 24} = 0,999979$$

Вероятность безотказной работы системы в течение месяца ( $t_2 = 720$  ч):

$$P_{\bar{n}\bar{e}\bar{n}\bar{o}}(t) = e^{-8,5 \cdot 10^{-7} \cdot 720} = 0,999388$$

Вероятность безотказной работы системы в течение года ( $t_3 = 8760$  ч):

$$P_{\bar{n}\bar{e}\bar{n}\bar{o}}(t) = e^{-8,5 \cdot 10^{-7} \cdot 8760} = 0,992581$$

#### 2.8.4 Расчет надежности на магистрали Алматы - Жаркент

Произведем расчет надежности всей кабельной магистрали

Алматы - Жаркент. Длина магистрали равна 301 км.

В соответствии с формулой (2.34) интенсивность отказов равна:

$$\eta_{\bar{n}\bar{e}\bar{n}\bar{o}} = 10^{-7} \cdot 4 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 301 = 1,545 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\div}$$

Расчет среднего времени восстановления произведем по формуле (2.38):

$$t_{\bar{a}} = \frac{10^{-7} \cdot 4 \cdot 0,5 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 301 \cdot 5}{1,545 \cdot 10^{-5}} = 4,88 \div .$$

Среднее время безотказной работы системы определяется формулой (2.33):

$$t_{\bar{n}\bar{o}\bar{n}\bar{e}\bar{n}\bar{o}} = \frac{1}{1,545 \cdot 10^{-5}} = 6,473 \cdot 10^4 \div .$$

По формуле (2.34), коэффициент готовности равен:

$$K_{\bar{A}} = \frac{6,473 \cdot 10^4}{6,473 \cdot 10^4 + 4,88} = 0,999924$$

По формуле (2.32) определим вероятность безотказной работы системы в течение суток, в течение месяца и в течение года.

Вероятность безотказной работы системы в течение суток ( $t_1 = 24$  ч):

$$P_{\bar{n}\bar{e}\bar{n}\bar{o}}(t) = e^{-1,545 \cdot 10^{-5} \cdot 24} = 0,999629$$

Вероятность безотказной работы системы в течение месяца ( $t_2 = 720$  ч):

$$P_{\text{н\grave{e}н\grave{o}}}(t) = e^{-1,54510^{-5} \cdot 720} = 0,988937$$

Вероятность безотказной работы системы в течение года ( $t_3 = 8760$  ч):

$$P_{\text{н\grave{e}н\grave{o}}}(t) = e^{-1,54510^{-5} \cdot 8760} = 0,973417$$

Таблицу 2.3 - Основные показатели надежности

Участок	$\eta_{\text{сист}} \times \frac{1}{\times 10^{-6}}, \text{ч}$	$t_{\text{в}}, \text{ч}$	$t_{\text{срсист}} \times \times 10^5, \text{ч}$	$K_{\Gamma}$	$P_{\text{сист}}(t)$		
					в сутки	в месяц	в год
Алматы-Шелек	5,8	4,84	1,724	0,999972	0,99986	0,995832	0,950461
Шелек-Коктал	9	4,9	1,111	0,999955	0,999784	0,993540	0,924187
Коктал-Жаркент	85	3,94	11,76	0,999996	0,999979	0,999388	0,992881
Алматы-Жаркент	0,154	4,88	0,647	0,999924	0,999629	0,988937	0,973417

### 3 Безопасность жизнедеятельности

Темой дипломного проектирования является проектирование магистральной сети связи на участке Алматы - Жаркент. Эффективность использования аппаратуры волоконно-оптической сети связи определяется не только техническими параметрами, но и условиями труда.

В данном разделе «Безопасность жизнедеятельности», необходимо проанализировать условия труда сотрудников, контролирующие правильную работу оборудования, выявить неблагоприятные влияющие факторы на окружающую среду и разработать конкретные меры по обеспечению безопасности труда сотрудников.

Персонал сталкивается с воздействием таких физически опасных и вредных производственных факторов, как:

- недостаточность естественной и искусственной вентиляции рабочего места;
- недостаточность естественного и искусственного освещения в помещений.

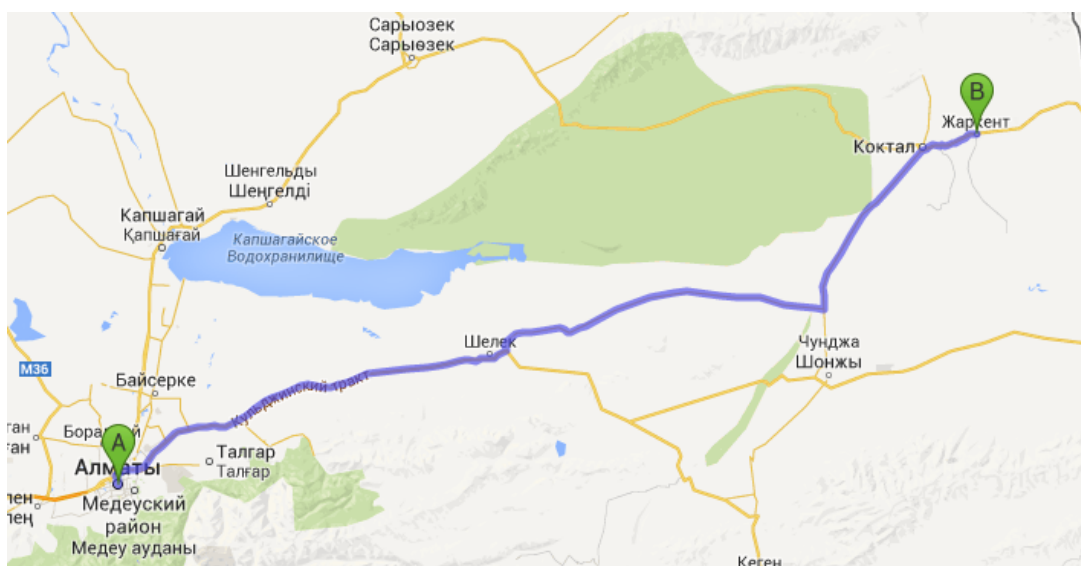


Рисунок 3.1 - Карта будущей магистрали



Рисунок 3.2 – Мультиплексор NetRing 2500, STM-1/4/16

### Сетевые интерфейсы

STM-16	1 порт на 1 модуль, максимум 4 порта на корзину
STM-4	1/2/4 порта на 1 модуль, максимум 32 порта на корзину
STM-1	1/2/4 порта на 1 модуль, максимум 32 порта на корзину

### Распределительные интерфейсы

10/100Base T Ethernet	8 портов на 1 модуль, максимум 48 портов на корзину
1000BaseSX Ethernet	2 порта на 1 модуль, максимум 12 портов на корзину
STM-1	4 порта на 1 модуль, максимум 24 порта на корзину
E1	63 порта на 1 модуль, максимум 378 порта на корзину
E3	3 порта на 1 модуль, максимум 18 портов на корзину
V.35	8 портов на 1 модуль, максимум 48 портов на корзину

### Кросс-коннект

Ёмкость	SDH 48X48 VC-4 & 1008X1008 VC-12; 80X80 VC-4 & 1512 X1512 VC-12, 128X128 VC-4 & 2016 X2016VC-12
Тип	однаправленный, двунаправленный, Broadcast, Multicast, Drop и Continue

### Физические характеристики

Габариты (ВхШхГ)	175мм x 436мм x 281мм
Вес	15 кг при полной комплектации
Рабочая температура	от 0 <sup>0</sup> С до 50 <sup>0</sup> С
Влажность	от 5 до 95% (без конденсации)
Электропитание	- 48 VDC / 24 VDC
Энергопотребление	135 Ватт при полной загрузке
Соответствие техническим условиям	FCC Part 15 Class A, UL1950, NEBS Level 3 ITU-T G.691, G.704, G.707, G.708, G.709, G.781, G.783, G.813, G.814, G.957. Telcordia GR-253-CORE, IEEE802.3, 802.3U/z/ad;802.1/q/p/d/s/w

Рисунок 3.3 - Характеристика мультиплексора NetRing 2500, STM-1/4/16

### 3.1 План построения типовой станции

Большинство используемых помещений связевых на участке Алматы - Жаркент находятся на линейных одноэтажных станциях собранных из железобетонных плит без внешнего и внутреннего утепления поверхности стен, чердак холодный (не отапливаемый). При дальнейшем рассмотрении отопительных мероприятий будем использовать стандартное помещение связевой с параметрами:

Соотношение внутренних размеров помещения 4м. длина , 3 м. ширина, 2.5 м. высота (объем помещения составляет 30 м<sup>2</sup>). Помещение имеет одну стену выходящую на улицу с окном имеющим двойной стеклопакет. План административного помещения станции представлен на рисунке 3.4

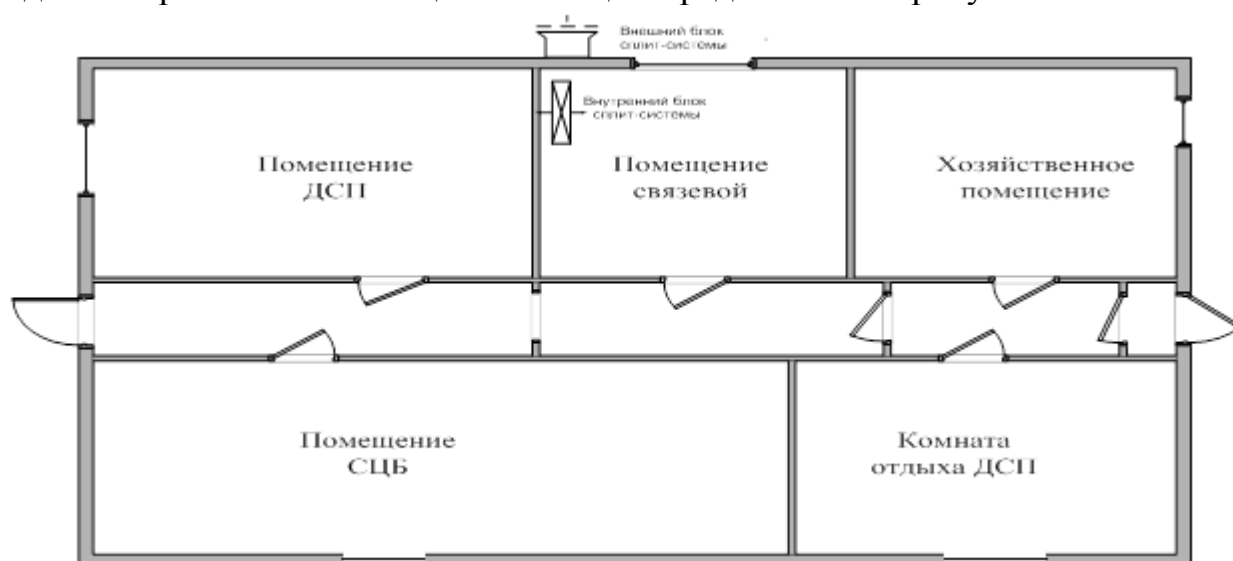


Рисунок 3.4 - План административного помещения типовой станции участка Алматы-Жаркент.

### 3.2 Температурный режим

Поддержание микроклимата в помещении производится сплит-системой производства фирмы Daikin FT25CV1A показанной на рисунке 3.5



Рисунок 3.5 - Сплит-система Daikin FT25CV1A.

Принцип работы сплит-системы заключается в том, что если вы хотите, чтобы охладить комнату, теплообменник наружного блока по одной медной трубки Хладагент поступает в теплообменник внутреннего блока, и есть вентилятором, в результате чего из внутреннего блока выходит холодный воздух. Если воздух в помещении нагревается тепловой насос с помощью внешнего конденсатора преобразуется в испаритель становится конденсатором и испарителем. Кроме того, конденсатора и испарителя, в сплит-система включает компрессор, смонтированный в наружном блоке. Основная функция компрессора - сжатие газа хладагента для визуализации свойств, которые значительно повышают эффективность работы кондиционера. На рисунке 3.6 представлен упрощенный принцип и структура работы сплит-системы.

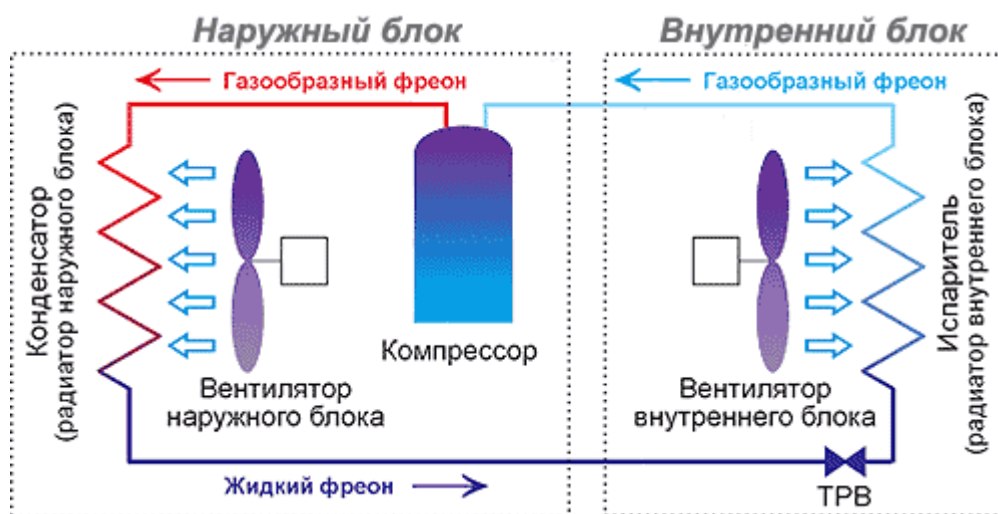


Рисунок 3.6 - Упрощённая структура работы сплит-системы.

В летний период поддержание микроклимата сводится к уменьшению температуры за счет охлаждения помещения, зимой наоборот.

### 3.3 Производительность систем кондиционирования

Производительность сплит-систем обуславливается необходимым количеством воздуха, подаваемого в помещения для обеспечения заданных параметров воздуха в рабочей зоне. Состояние воздуха внутри помещения зависит от характера совершаемых в нем работ, времени пребывания в нем людей, времени года, а также месторасположения по климатическим зонам. Для расчета систем кондиционирования в летний период необходимы следующие начальные условия:

- состояние воздуха внутри помещения  $t_B=23^{\circ}\text{C}$  и  $\phi_B=60\%$ .
- расчетные параметры наружного воздуха принимаются для заданного района
- температура насыщенного воздуха  $t_n^{\text{н}}= 26,2^{\circ}\text{C}$
- энтальпия  $t_n^{\text{н}}= 50,2$  кДж/кг
- барометрическое давление  $p_b = 760$  ммрт.ст.
- количество персонала, работающего в помещении - 3 человека.

- мощность оборудования  $P = 4$  кВт.

- площадь помещения  $F = 12$  м.

Полная производительность сплит-системы

$$L_{\pi}' = L_{\pi} k_{\text{пот}}, \quad (3.1)$$

где  $L_{\pi}$  - количество приточного воздуха в отдельное помещение кг/ч;

$k_{\text{пот}}$  - коэффициент учитывающий потери воздуха их

воздухопроводов. При установке кондиционера внутри помещения  $k=1$ .

Количество приточного воздуха определяется по формуле:

$$L_{\pi} = \Sigma Q / (l_v - l_{\pi}), \quad (3.2)$$

где  $\Sigma Q$  - суммарное поступления тепла в помещение;

$l_v$  и  $l_{\pi}$  - теплосодержание внутреннего и приточного воздуха.

Поступление тепла в помещение:

а) тепlopоступление от людей. Тепловыделение от одного человека  $q_q$ :

Для легкой работы сидя:

$$Q_{\text{ч}} = m_{\text{ч}} q_{\text{ч}} = 3 \times 72 = 216 \text{ Вт} \quad (3.3)$$

б) тепlopоступление от оборудования определяется из соотношения

$$Q_{\text{об}} = 0,25P \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{об}} = 0,25 \times 4000 = 1000 \text{ Вт.}$$

в) тепловыделение от электроосвещения определяется по нормам освещения на  $1 \text{ м}^2$  площади пола.

г) количество тепла, поступающего с воздухом при открывании дверей, можно принимать по удельной величине тепlopритока, отнесенного к единичной площадке пола  $q_{\text{инф}} = 10-20 \text{ Вт/м}^2$ . Для помещения площадью до 150

$$\text{м}^2 q_{\text{инф}} = 20 \text{ Вт/м}^2. \quad (3.5)$$

$$Q_{\text{инф}} = 20 F_{\text{пол}} = 20 \times 12 = 240 \text{ Вт.} \quad (3.6)$$

Суммарное поступление тепла в помещение

$$\Sigma Q = Q_{\text{ч}} + Q_{\text{об}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{инф}} \quad (3.7)$$

$$\Sigma Q = 216 + 1000 + 49 + 240 = 1505 \text{ Вт.}$$

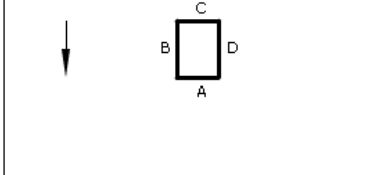


В зимний период для поддержания заданных параметров микроклимата в производственном помещении необходимо проводить отопительные мероприятия. Для этого необходимо знать теплопотери данного помещения. Расчёт потери теплоты, возмещаемой отоплением, следует определять из теплового баланса. Так как расчеты могут быть достоверны только в случае индивидуального расчета теплопотерь каждого помещения, то как пример в данном случае воспользуемся возможностью применения калькулятора для расчёта теплопотерь прямоугольного жилого помещения использующего в качестве главного алгоритма нормативную методику, предложенную в книге Л.Е. Школьника «Печное отопление малоэтажных зданий». Автор программы Владимир Романов г. Москва, данная программа распространяется бесплатно на сайте <http://vladirom.narod.ru>. Внешний вид программы с введенными данными по нескольким пунктам представлен на рисунке 3.7

**Macromedia Flash Player 7**

Расчет теплопотерь прямоугольного помещения (нормативный метод)

Ориентация помещения



Температурные режимы и высота помещения

Высота помещения, мм: 2500

Температура воздуха в помещении, °C: 22

Температура наружного воздуха, °C: 25

Учитывать инфильтрацию: ☒

Общие теплопотери ограждений, Вт: 13460

Суммарные теплопотери помещения, Вт: 13300

Удельные теплопотери, Вт/кв.м: 1108\*

Стена A | Стена B | Стена C | Стена D | Пол | Потолок

Материал: Каркас с заполнением минеральной ватой

Тип стены: Внутренняя

Длина, мм: 3000

Ориентация: Север

Толщина, мм: 350

Суммарные теплопотери, Вт: 16

Площадь, кв.м: 7.5

Окна

Двери

Тип: Щитовая с сотовым заполнением

Ширина, мм: 800

Кол-во, шт: 1

Высота, мм: 2000

Площадь, кв.м: 1.6

Теплопотери дверей, Вт: 13

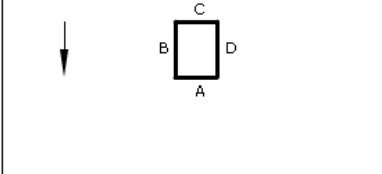
\* - Помещение не соответствует современным нормам по удельному расходу энергии на отопление (не более 100 Вт/кв.м)

Помощь | Сводка

**Macromedia Flash Player 7**

Расчет теплопотерь прямоугольного помещения (нормативный метод) 17 мая 2010, 14:27

Ориентация помещения



Характеристики помещения

Размеры помещения, м: 3 x 4

Высота помещения, м: 2.5

Площадь помещения, кв. м: 12

Объем помещения, куб. м: 30

Коэффициент компактности: 1.97

Основные показатели

Температура воздуха в помещении, °C: 22

Температура наружного воздуха, °C: 25

Температура воздуха инфильтрации, °C: -3

Расчетная разность температур, °C: 47

Теплопотери стены A, Вт: 3 при K, Вт/кв.м°C 0.13

Теплопотери стены B, Вт: 175 при K, Вт/кв.м°C 5.83

Теплопотери стены C, Вт: 2260 при K, Вт/кв.м°C 5.83

Теплопотери стены D, Вт: 175 при K, Вт/кв.м°C 5.83

Теплопотери пола, Вт: 564 при K, Вт/кв.м°C 1

Теплопотери потолка, Вт: 10282 при K, Вт/кв.м°C 20.4

Теплопотери окон, Вт: 0

Теплопотери дверей, Вт: 13

Бытовые тепловыделения, Вт: 200

Общие теплопотери ограждений, Вт: 13460

Теплопотери на инфильтрацию, Вт: 40

Суммарные теплопотери, Вт: 13300

Удельные теплопотери, Вт/кв.м: 1108\*

Рисунок 3.7 - Калькулятор для расчёта теплопотерь прямоугольного жилого помещения. а) расчётное поле стены «А», б) итоговые данные.

Получаем общую тепло потерю помещения  $Q_{тр}=13460$  Вт.  
Тепловой баланс отапливаемого помещения находят из уравнения:

$$Q_{тр}+Q_{с.о}+Q_{быт}=0 \quad (3.8)$$

где  $Q_{тр}$  - трансмиссионные потери теплоты через ограждения здания (помещения);

$Q_{с.о}$  - тепловая мощность системы отопления, которая является искомой (помещения);

$Q_{быт}$  - суммарные теплопоступления за счет всех внутренних источников теплоты, за исключением системы отопления.

$$Q_{быт}= Q_{об}+Q_{осв}+Q_{ч}=1265 \text{ Вт.} \quad (3.9)$$

$$Q_{с.о}=13460-1265=12195 \text{ Вт.} \quad (3.10)$$

Вывод: для поддержания заданных параметров микроклимата в производственном помещении необходимо в летний период привносить 1505 Вт энергии, а в зимний период 12195 Вт.

### 3.4 Расчет искусственного освещения в помещении

Задачей расчета является определение потребной мощности электрической осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности.

Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. Световой поток лампы  $\Phi_l$  (лм) рассчитывается по формуле:

$$\hat{O}_{\varepsilon} = \frac{E_H \cdot S \cdot z \cdot K_z}{N \cdot \eta}, \quad (3.11)$$

где  $E_H$  - нормированная минимальная освещенность, лк (для работ средней точности не менее 200 лк);

$S$  - площадь освещаемого помещения,  $30 \text{ м}^2$ ;

$Z$  - коэффициент минимальной освещенности, равный отношению  $\frac{E_{ср}}{E_{\min}}$ , значение которого для люминесцентных ламп  $z=1,1$ ;

$K_z$  - коэффициент запаса (для помещений: диспетчерские, пульты операторов, контрольно-измерительные приборы 1.5);

$N$  - число светильников в помещении;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока ламп, зависящий от КПД и кривой распределения света светильника, коэффициента отражения потолка  $\rho_{\text{п}}$  и стен  $\rho_{\text{с}}$ , высоты подвески светильников и показателя помещения  $i$ .

### 3.4.1 Показатель помещения

Показатель помещения  $i$  определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A+B)}, \quad (3.12)$$

где  $A$  и  $B$  ширина и длина помещения, м (размеры производственного помещения 4x3);

$H_p$  – высота светильника над рабочей поверхностью, (и равняется 2.5м).

$$i = \frac{4 \cdot 3}{2,5(4+3)} = 0,69$$

По ГОСТ 2239-79 подбираем стандартную лампу и определяем электрическую мощность всей осветительной системы. В практике допускается отклонение светового потока выбранной лампы от расчетного до – 10% и + 20%, в противном случае выбирают другую схему расположения светильников.

Отражения от потолка  $\rho_{\text{п}}$  и стен  $\rho_{\text{с}}$ , примем минимальное значение 30 и 10 соответственно. Выберем светильник ПВЛМ 2x40, для которого значение  $\eta$  при  $i = 0,69$  (округляем до 0,75) равняется 33%.

### 3.4.2 Выбор ламп производственного помещения

Световой поток одной лампы ЛБ 40 известен и равен 2340 Лм. Необходимо рассчитать количество ламп для достижения минимальной освещённости в 200 лк. Для этого воспользуемся формулой

### 3.4.3 Количество светильников

$$N = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{\Phi_{\text{л}} \cdot \eta}, \quad (3.13)$$

где  $E_n$  - минимальная освещенность;

$K_3$  - коэффициент запаса;

$S$  - освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;

$z$  – Коэффициент неравномерности освещения.

$$N = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 1,1}{2 \cdot 2340 \cdot 0,33} = 6,5$$

Количество светильников округляем до 7

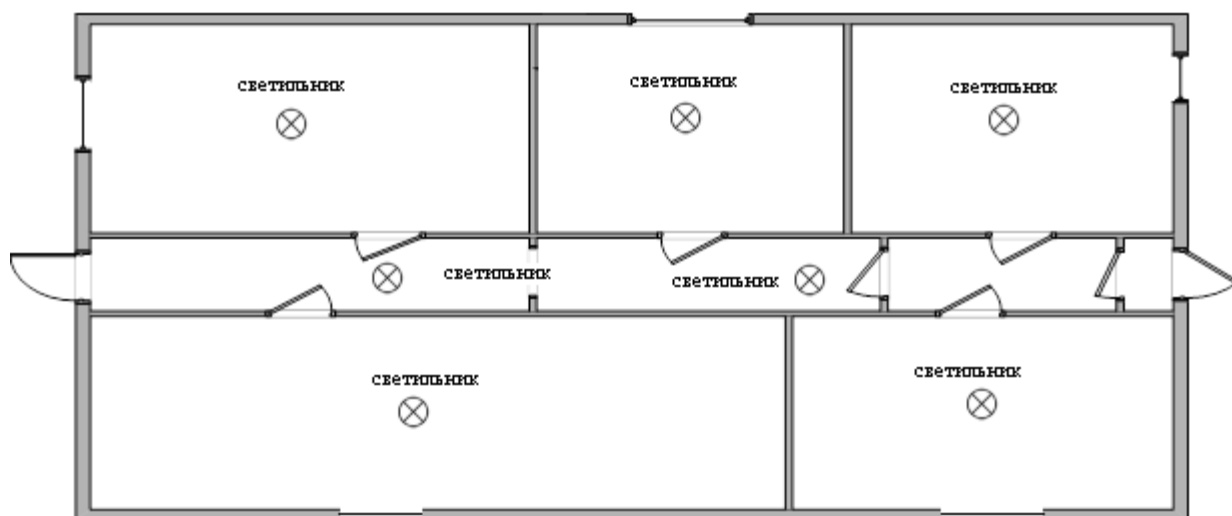


Рисунок 3.8 - Схема размещения светильников

Данное расположение светильников оптимально, свет будет распределяться равномерно по всему помещению, работать и отдыхать в таком помещении будет комфортно.

## **4 Экономическая часть**

### **4.1 Техничко-экономическая оценка инноваций**

Темой дипломного проекта является проектирование магистральной сети связи на участке Алматы-Жаркент. Также выделение потоков в населенные пункты Шелек и Коктал. Эффективность использования оборудования, волоконно-оптические сети связи зависит не только от технических параметров, но и экономическую эффективность проекта. Основные показатели эффективности модернизации магистральной сети чистый дисконтированный доход (или интегральный эффект) и срок окупаемости проекта реконструкции. Чистый дисконтированный доход ЧДД или интегральный эффект определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период уделено первым шагом, или как превышение, интегрированных результатов интегральных затрат.

Срок окупаемости (ток) - минимальный временной интервал от начала проекта, за пределами которого интегральный эффект становится отрицательным, то есть период, из которого все издержки покрываются за счет сводные результаты инновационной деятельности. Чем короче срок окупаемости, тем больше преимущество проекта. Эффективность работы по модернизации сети оцениваемых показателей, отражающих соотношение затрат и результатов, полученных в работе новой организации короба. Для определения эффективности модернизации сети связи определяется как

срок окупаемости или возврата единовременных затрат. Если срок окупаемости - минимальный временной интервал, за пределами которого интегральный экономический эффект неотрицателен, это капитальные расходы полностью покрываются общей стоимости модернизации.

## 4.2 Расчет капитальных затрат

Для определения величины капитальных затрат на организацию магистральной сети связи на магистральном участке Алматы - Жаркент составляются сметные документы.

Сметная стоимость определяется с учетом затрат на стоимость составляющих компонентов оборудования и инструментов, монтаж оборудования в стойки, программного обеспечения, транспортные и прочие расходы. Основные виды капитальных затрат сводятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Основные виды капитальных затрат на внедрение ВОЛС

Оборудование	Количество	Ед. измерения	Цена за ед., тг.	Общая стоимость, тг.
Мультиплексор NetRing 2500	4	шт	247817	991268
Оптический кабель SMF-28 Ultra Протяженность трассы 301 км	1	м	147	44247000
Кабелеукладчик КУ-120	1	шт	1890000	1890000
Регенератор RGN-3GSFM	5	шт	7310	36550
Итого				47164818

### 4.2.1 Расчет транспортных расходов

Расчет транспортных расходов на организацию связи составит 3% от общей стоимости оборудования

$$P=47164818 \cdot 0,03=141494 \text{ тг.} \quad (4.1)$$

### 4.2.2 Расчет затрат на строительство и монтаж оборудования

$$\Phi = Z + H + P, \quad (4.2)$$

где Z- заработная плата рабочих;

H-социальный налог;

P- транспортные расходы

Годовой фонд заработной платы может быть рассчитан по формуле:

$$З = 12 \sum (Ч_i З_i (1 + K_1)(1 + K_2)), \quad (4.3)$$

где  $Ч_i$  - численность работников каждой должности;

$З_i$  - месячный тарифный оклад работника каждой должности;

$K_1$  - доля премий и доплат за работу в ночное время, праздничные дни и прочее,  $K_1=0,75$ ;

$K_2$  - доля дополнительной заработной платы (в основном доплата к отпуску) от всей начисленной основной заработной платы,  $K_2 = 0,25$ .

Для прокладки оптического волокна по магистральной дороге необходимо 4 рабочих среднего звена.

$$З = 12 \cdot (4 \cdot 50000) \cdot (1 + 0,75) \cdot (1 + 0,25) = 5250000 \text{ тг.}$$

Пенсионные отчисления (10%) рассчитаем по формуле:

$$О = З \cdot 10\% = 5250000 \cdot 0,1 = 525000 \text{ тг.} \quad (4.4)$$

Социальный налог (11%) рассчитаем по формуле:

$$Н = (З - О) \cdot 11\% = (5250000 - 525000) \cdot 0,11 = 519750 \text{ тг.} \quad (4.5)$$

По формуле 2.2 рассчитаем затраты на строительство и монтаж оборудования:

$$\Phi = 5250000 + 519750 + 1414945 = 7184695 \text{ тг.}$$

Таким образом, капитальные затраты организацию связи составят

$$С_k = В + \Phi = 47164818 + 7184695 = 54349513 \text{ тг.} \quad (4.6)$$

### 4.3 Расчет эксплуатационных расходов

Сумма всех издержек составляющих эксплуатационные расходы:

$$С_э = Т + С_H + М + Э + А + П \quad (4.7)$$

где  $Т$  - заработная плата персонала, обслуживающего проектируемые сооружения и устройства связи с начислениями, тг.;

$С_H$  - отчисления на социальный налог (11% от фонда заработной платы)

$М$  - стоимость материалов и запчастей, тг.;

$Э$  - стоимость электроэнергии, тг.;

$А$  - амортизационные отчисления, тг.;

$П$  - прочие расходы, тг.

### 4.3.1 Расчет заработной платы обслуживающего персонала

Текущие расходы при эксплуатации сети связи складываются из затрат на заработную плату, отчислений на социальное страхование, расходов на материалы и запасные части, топливо, электроэнергию, амортизационных отчислений и прочих расходов.

Годовой фонд заработной платы может быть рассчитан по формуле:

$$T = 12 \sum (Ч_i Z_i (1 + K_1)(1 + K_2)), \quad (4.9)$$

где  $Ч_i$  - численность работников каждой должности;

$Z_i$  - месячный тарифный оклад работника каждой должности;

$K_1$  - доля премий и доплат за работу в ночное время, праздничные дни и прочее,  $K_1=0,75$ ;

$K_2$  - доля дополнительной заработной платы (в основном доплата к отпуску) от всей начисленной основной заработной платы,  $K_2 = 0,25$ .

Для обслуживания оборудования магистральной сети связи необходимо три человека: старший инженер и два инженера.

- старший инженер - 80000 тг.;

- 2 инженера - по 70000 тг.

Таким образом, годовой фонд заработной платы составит:

$$T = 12 \cdot (80000 + 2 \cdot 70000) \cdot (1 + 0,75) \cdot (1 + 0,25) = 5775000 \text{ тг.}$$

### 4.3.2 Расчет расходов на социальный налог

Расходы на пенсионные отчисления определяются в размере 10% от фонда заработной платы.

$$O = 3 \cdot 10\% = 5775000 \cdot 0,1 = 577500 \text{ тг.} \quad (4.10)$$

Расчет расходов на социальный налог 11 %

$$C_n = (T - O) \cdot 0,11 = (5775000 - 577500) \cdot 0,11 = 571725 \text{ тг.} \quad (4.11)$$

### 4.3.3 Расчет расходов на материалы и запасные части

Расчет расходов на материалы и запасные части принимаются в размере 1% от затрат на модернизацию сети связи на проектируемом участке.

$$M = 54349513 \cdot 0,01 = 543495 \text{ тг.} \quad (4.12)$$

### 4.3.4 Расчет расходов на электроэнергию

Расходы на электроэнергию определяются по формуле:

$$З_{ЭЛ} = \sum M \cdot \Phi_{НО} \cdot K_M \cdot K_{ВР} \cdot K_{П} \cdot Ц_{Э} \quad (4.13)$$

где М - мощность оборудования, кВт;

$\Phi_{НО}$  - номинальный фонд времени работы оборудования, час (0,85);

$K_M$  - коэффициент использования оборудования по мощности;

$K_{ВР}$  - коэффициент использования оборудования по времени;

$K_{П}$  - коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети (1,05);

$Ц_{Э}$  - стоимость 1 кВт/час. электроэнергии, 17 тенге.

$$З_{ЭЛ} = 5,3 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 1,05 \cdot 17 = 57898 \text{ тг./месяц}$$

За год:

$$З_{ЭЛ} = 57898 \cdot 12 = 694776 \text{ тг.}$$

#### 4.3.5 Расчет амортизационных отчислений и прочих расходов

Амортизационные отчисления установлены в размере 10% от ориентировочной стоимости сетевого оборудования.

$$А = 54349513 \cdot 0,1 = 5434951 \text{ тг.} \quad (4.14)$$

Прочие расходы принимаются в размере 3% от фонда заработной платы:

$$П = 5775000 \cdot 0,03 = 173250 \text{ тг.} \quad (4.15)$$

Таким образом, амортизационные отчисления составят 5434951 тг., а прочие расходы 173250 тг.. Используя расчетные данные, определим эксплуатационные расходы для проектируемой системы связи.

Расчет эксплуатационных расходов по формуле (3.1):

$$С_{э} = 5775000 + 571725 + 543495 + 694776 + 5434951 + 173250 = 13193197 \text{ тг.}$$

Таким образом, эксплуатационные расходы для проектируемой системы связи на заданном магистральном участке составят 13193197 тг.



## 4.4 Определение экономической эффективности

### 4.4.1 Расчет доходов

Тарифные доходы - это доходы предприятия, получаемые от реализации своих услуг по установленным тарифам.

Доходы основной деятельности - это доходы, получаемые предприятием от клиентуры за предоставление услуг связи по установленным тарифам.

Расчёт тарифных доходов производится на основании объёма услуг связи средних доходных такс по видам услуг связи, либо по утверждённым тарифам. Тарифные доходы сведены в таблицу 4.2:

Таблица 4.2 - Тарифы предоставляемых услуг

№ п/п	Услуга	Размер оплаты
1	Высокоскоростной доступ в интернет	2500 тг.
2	Телефонная связь	0 тг.
3	Кабельное телевиденье	1050 тг.

Число абонентов - в с.Шелек 30000 чел., в с.Коктал 10000 чел. и в г.Жаркент 42000 чел. Общее число абонентов 82000 человек (абоненты будут подключаться постепенно в течении нескольких лет). Абоненты будут подключены постепенно, поэтому введем коэффициент 0,3.

Расчет доходов основной деятельности производится по формуле:

$$D_T = Q \cdot L, \quad (4.16)$$

где  $D_T$  - тарифные доходы, тг.;

$Q$  - число абонентов;

$L$  - утвержденный тариф;

Общий размер оплаты от предоставления услуг: высокоскоростного интернета, телефонной связи и кабельного телевиденья будет составлять 3550 тг.

$$D_t = 82000 \cdot 0,3 \cdot 3550 = 87330000 \text{ тг.}$$

### 4.4.2 Расчёт прибыли

Прибыль является обобщающим показателем, характеризующим всю производственно-хозяйственную деятельность предприятия. Прибыль от реализации услуг определяется как разность между тарифными доходами и эксплуатационными расходами, и определяется по формуле:

$$Pr = D_t - C_{\Sigma}, \quad (4.17)$$

Прибыль от реализации услуг равна:

$$\text{Пр} = 87330000 - 13193197 = 74136803 \text{ тг.}$$

Налог на прибыль составляет 20 %, тогда:

$$H = 0,2 \cdot \text{Пр}. \quad (4.18)$$

Налог на прибыль равен:

$$H = 0,2 \cdot 61172233 = 14827361 \text{ тг.}$$

Чистая прибыль предприятия, остающаяся в его распоряжении, определяется по формуле:

$$\text{Пч} = \text{Пр} - H \quad (4.19)$$

Чистая прибыль предприятия:

$$\text{Пч} = 74136803 - 14827361 = 59309442 \text{ тг.}$$

#### 4.5 Расчет показателей эффективности проекта

Расчет чистого дисконтированного дохода производится по формуле:

$$\times \ddot{A} \ddot{A} = \sum_{t=0} (P_t - Z_t) \cdot \lambda_t - K, \quad (4.20)$$

где  $P_t$  - результат рассчитанный на  $t$ -ом шаге расчёта;

$Z_t$  - затраты осуществляемые на том же шаге расчёта ;

$\lambda_t$  - коэффициент дисконта.

$$\lambda_t = \frac{1}{(1+E_H)^{T_{cc}}}, \quad (4.21)$$

где  $T_{cc}$  - срок службы (1-10 лет);

$E_H$  - нормативный коэффициент, сравнительной экономической эффективности.

$$E_H = 1 / 10 = 0,1 \quad (4.22)$$

Чистый дисконтированный доход (ЧДД):

$$\mathcal{E} = \text{Пч} - E_H \cdot C_K, \quad (4.23)$$

$$\Theta = 59309442 - 0,1 \cdot 54349513 = 53874491 \text{ тг.}$$

Расчет индекса доходности производим по формуле:

$$\Theta_k = \text{Пч} / E_n \cdot C_k, \quad (4.24)$$

$$\Theta_k = 59309442 / (0,1 \cdot 54349513) = 10,9$$

Расчет срока окупаемости:

$$T_p = C_k / \text{Пч}, \quad (4.25)$$

$$T_p = 54349513 / 59309442 = 0,916 \approx 1 \text{ год.}$$

Расчет внутренней нормы доходности проекта производим по формуле:

$$E_p = \text{Пч} / C_k, \quad (4.26)$$

$$E_p = 59309442 / 54349513 = 1,1.$$

Таблица 4.3 - Показатели эффективности проекта.

Показатели эффективности	Значения
Расчетный период, лет	10
Общая сумма капитальных затрат, тг	54349513
Индекс доходности проекта	10,9
Чистый дисконтированный доход проекта, тг.	53874491
Срок окупаемости проекта, лет	1
Внутренняя норма доходности	1,1.

Вывод: в данном дипломном проекте определили экономическую эффективность проектирования волоконно-оптической линии связи. Рассчитаны затраты на приобретение оборудования и его монтажа которые составили  $C_k=54349513$  тг. Сделаны расчеты эксплуатационных затрат  $C_3=13193197$  тг. Доход составил  $Dt= 87330000$  тг. Срок окупаемости данного проекта составил 1 год. Проект является экономически выгодным.

## Заключение

В данном дипломном проекте был разработан план построения волоконно-оптической линии связи между городами Алматы-Жаркент с использованием технологии SDH. Отмечалась необходимость построения волоконно-оптических кабельных систем, так как по проекту будут выделены потоки в населенные пункты Шелек и Коктал. Сельской местности будут предоставлены качественные, надежные услуги телефонной связи, доступ к высокоскоростной сети Интернет и кабельного телевидения.

Проанализированы существующие на данный момент оптические кабели, мультиплексоры, регенераторы, кабелеукладчики и др. Выбраны эти оборудования по таким критериям как: технические характеристики, качество, надежность, цена, транспортировка оборудования на место построения магистрали.

Был проведен расчет емкости сети, которая зависит от количества населения на всей протяженности магистрали. В результате выяснили требуемую скорость передачи данных в сети. Исходя из результатов расчета приемлемым для этой магистрали выбран интерфейс STM-16, пропускная способность которого 2,5 Мбит/с. Протяженность волоконно-оптической магистрали на участке Алматы-Жаркент составило 301 км (по автодороге). Также были рассмотрены варианты прокладки кабеля, оптимальным решением стало проектирование магистрали вдоль автодороги Алматы-Жаркент. Одними из главных аспектов проектирования ВОЛС являются затухание сигнала, дисперсия, расчет регенерационного участка, надежность системы. Произведенные расчеты показали, что можно использовать выбранные в дипломном проекте оборудования, оптические кабели и интерфейсы.

В экономической части дипломного проекта проведены расчеты капитальных затрат, чистой прибыли, эксплуатационных расходов, затрат на электроэнергию, ежемесячная зарплата рабочего персонала. Срок окупаемости капитальных затрат составил 1 год.

В дипломном проекте также рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности. При строительстве магистрали для рабочего звена разработаны помещения для отдыха, питания. Учтены все стандарты по освещению, температурного режима. Рассчитано количество ламп в помещениях и выбрана сплит система для контроля микроклимата в любой сезон года.

Развитие волоконно-оптических кабельных систем за последнее время сделало огромный шаг вперед. С внедрением технологии SDH скорость предоставления услуг передачи данных увеличилась во много раз. Причем теоритически цифровую синхронную иерархию можно продолжать до бесконечности. В данное время ограничением для повышения скорости SDH являются неспособность существующих технологий и оборудования передачи данных на таких высоких скоростях.

## Список литературы

1. Официальный сайт акима Алматинской области (Жетысу)  
<http://zhetysu.gov.kz/>
2. Волоконно-оптические системы передачи, учебное пособие В.И. Иванов, Л.В. Адамович - Самара, 2006 - 72 с;
3. Печаткин А. В. Системы мобильной связи Часть 1 - РГАТА Рыбинск 2008;
4. Карта по автодороге Алматы-Жаркент  
<http://www.della.kz/distance/?cities=127269,133305>
5. Метод прокола с помощью горизонтального направленного бурения  
[http://dvn-stroy.ru/construction/steel\\_pipe/](http://dvn-stroy.ru/construction/steel_pipe/)
6. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (АТМ, PDH, SDH) - 2000 г. - 468 с;
7. Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А. Волоконно-оптические кабели. 1999 г.;
8. Гроднев И. И. Волоконно-оптические линии связи: Учеб. пособие для вузов. Радио и связь, 1990 г. - 224 с.;
9. Иванов А.Б. Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи. Часть 1. - М.: Сайрус Системс, 2000 г.;
10. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. 1998 г. - 267 с.;
11. Волоконно-оптическая техника; история, достижения, перспективы ред. Дмитриева С.А., Слепова Н.Н. - М.: Изд. Connect, 2000 г.;
12. <http://www.ocs01.ru/> - прайс-лист на оптические кабели
13. Официальный сайт компании Alcatel-Lucent в Казахстане  
<http://www.alcatel-lucent.kz/>
14. Официальный сайт компании Netring-Service в Казахстане  
<http://anet.kz/>

## Приложение А

### Схема организации связи на проектируемом участке

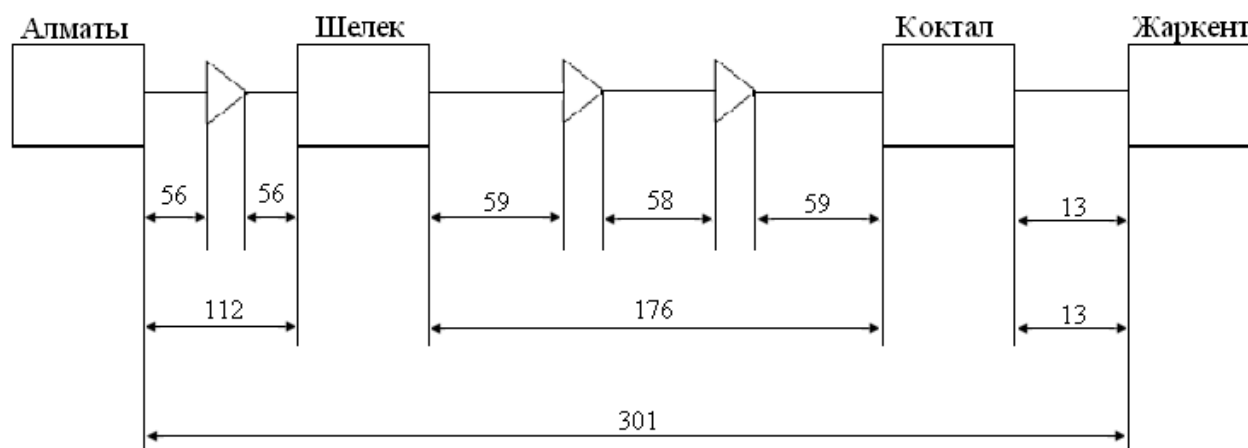
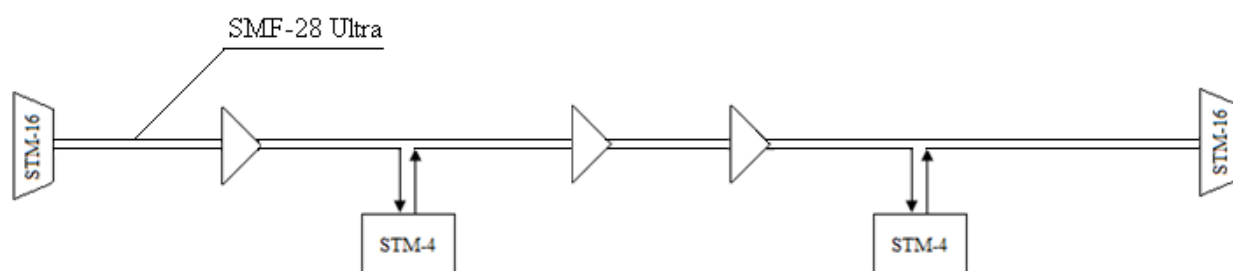


Рисунок А.1 - Схема организации связи на проектируемом участке

## Приложение Б

### Схема организации связи на проектируемом участке



- Оптический терминальный мультиплексор



- Оптический мультиплексор ввода-вывода

Рисунок Б.1 - Схема организации связи на проектируемом участке

## Приложение В

### Вычисления в программе Mathcad:

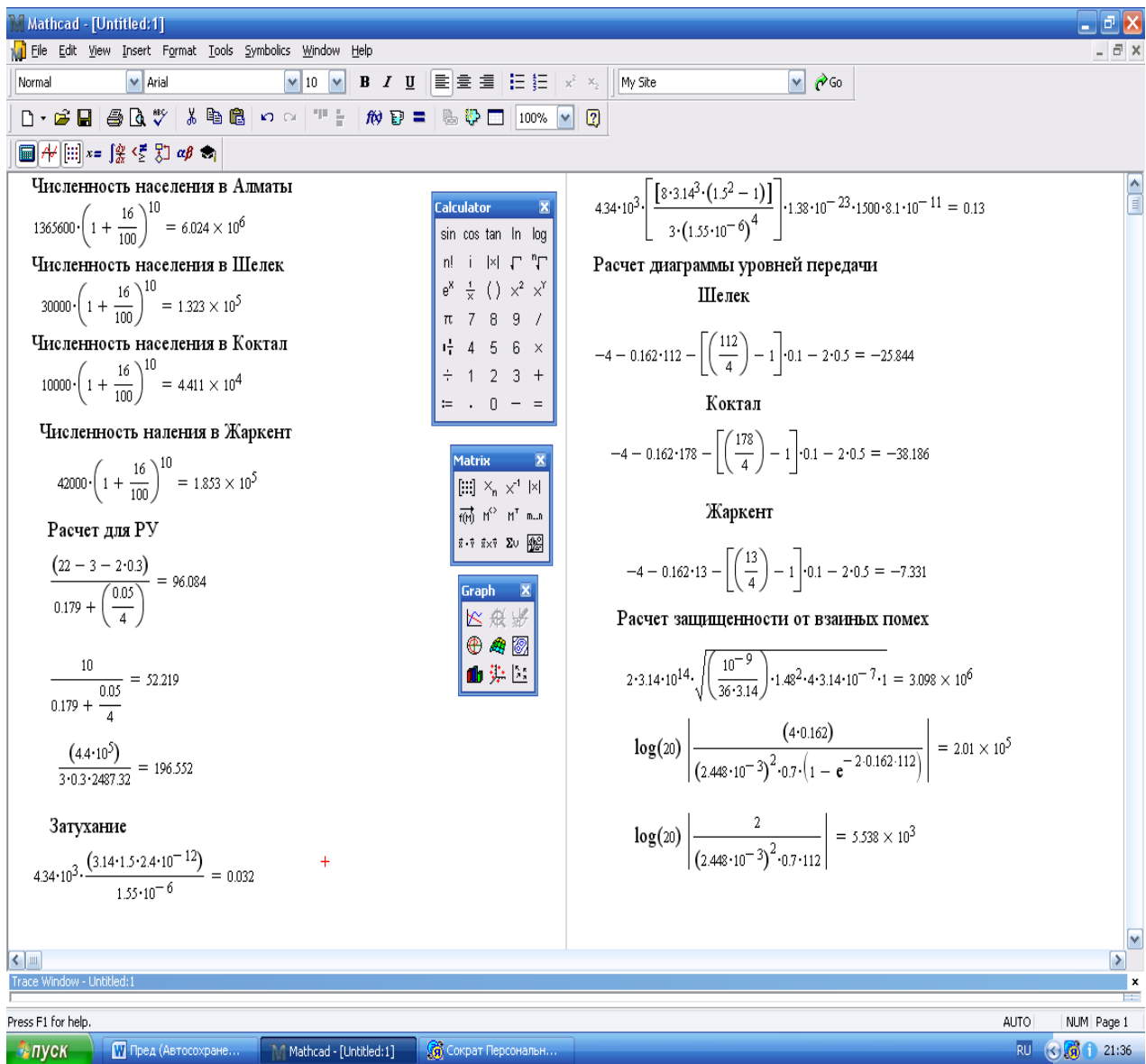


Рисунок В.1 - Окно программы Mathcad



## Продолжение приложения В

**Mathcad - [Untitled:1]**

File Edit View Insert Format Tools Symbolics Window Help

Normal Arial 10 B I U My Site Go

Calculator

sin cos tan ln log  
n! i |x| Γ °  
e<sup>x</sup> 1/x ( ) x<sup>2</sup> x<sup>y</sup>  
π 7 8 9 /  
1/4 4 5 6 ×  
÷ 1 2 3 +  
= . 0 - =

Matrix

[[[]]] x<sub>n</sub> x<sup>-1</sup> |x|  
f(t) M<sup>0</sup> M<sup>T</sup> m...n  
Σ ∫ ∂x ∂y ∂z

Graph

Plot Area  
3D Plot  
Vector Plot  
Contour Plot  
Error Plot  
Residual Plot  
Scatter Plot  
Line Plot  
Area Plot  
Bar Chart  
Pie Chart  
Box Plot  
Histogram  
Normal Distribution  
t-Distribution  
F-Distribution  
Chi-Square Distribution  
Binomial Distribution  
Poisson Distribution  
Exponential Distribution  
Lognormal Distribution  
Weibull Distribution  
Beta Distribution  
Gamma Distribution  
Logistic Distribution  
Gumbel Distribution  
Weibull Distribution  
Beta Distribution  
Gamma Distribution  
Logistic Distribution  
Gumbel Distribution

**Расчет надежности системы**

**Алматы – Шелек**

$$10^{-7} \cdot 2 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 112 = 5.8 \times 10^{-6}$$

$$\frac{(10^{-7} \cdot 2 \cdot 0.5 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 112 \cdot 5)}{5.8 \cdot 10^{-6}} = 4.845$$

$$\frac{1}{5.8 \cdot 10^{-6}} = 1.724 \times 10^5$$

$$\frac{(1.724 \cdot 10^5)}{1.724 \cdot 10^5 + 4.845} = 1$$

**Шелек – Коктал**

$$10^{-7} \cdot 2 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 176 = 9 \times 10^{-6}$$

$$\frac{(10^{-7} \cdot 2 \cdot 0.5 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 176 \cdot 5)}{9 \cdot 10^{-6}} = 4.9$$

$$\frac{1}{9 \cdot 10^{-6}} = 1.111 \times 10^5$$

$$\frac{(1.111 \cdot 10^5)}{1.111 \cdot 10^5 + 4.9} = 1$$

**Коктал – Жаркент**

$$10^{-7} \cdot 2 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 13 = 8.5 \times 10^{-7}$$

$$\frac{(10^{-7} \cdot 2 \cdot 0.5 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 13 \cdot 5)}{8.5 \cdot 10^{-7}} = 3.941$$

$$\frac{1}{8.5 \cdot 10^{-7}} = 1.176 \times 10^6$$

$$\frac{(1.176 \cdot 10^6)}{1.176 \cdot 10^6 + 3.941} = 1$$

**Алматы – Жаркент**

$$10^{-7} \cdot 2 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 301 = 1.525 \times 10^{-5}$$

$$\frac{(10^{-7} \cdot 2 \cdot 0.5 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 301 \cdot 5)}{1.525 \cdot 10^{-5}} = 4.941$$

$$\frac{1}{1.525 \cdot 10^{-5}} = 6.557 \times 10^4$$

$$\frac{(6.557 \cdot 10^4)}{6.557 \cdot 10^4 + 4.941} = 1$$

Trace Window - Untitled:1

Press F1 for help.

пуск Пред (Автосохране... info.docx - Microsoft ... Mathcad - [Untitled:1]

AUTO NUM Page 2 RU 22:01

Рисунок В.2 - Окно программы Mathcad