МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационные системы

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____

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

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

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Разработка магистральной ВОЛС сети города Алматы-Чимкент

Специальность ФРТиС, МТС-10-04

Выполнил (а) Досаева Айгерім Сәкенқызы, МТС-10-4
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель к.т.н., ст.пр. Ефремова Ю.И
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Боранова Г.Ш
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «13» июня 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Джосбаев Л.К, д.т.н. профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «13» июня 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
Артюхин А.В. ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «13» июня 2014 г.
(подпись)

_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____» _____ 20___ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Ст преп ТКС Кадратова А.Б.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «17» 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 ФРТиС

Специальность 5В

Кафедра телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Досаева Аймарім Сәкенқызы

(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Разработка магистральной ВОЛС сети города Алматы-Чимкент

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

В данном дипломном проекте был выбран волоконно-оптический кабель ОК/Т-НМР-хb-44-2 для прокладки на участке Алматы-Чимкент.

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

В дипломном проекте разработана высокоскоростная волоконно-оптическая линия связи вдоль железной дороги на участке ст. Алматы-ст. Чимкент, с использованием СДН оборудования уровня STM-4 со скоростью 622 Мбит/с. Охарактеризована транспортная система а также произведен расчет параметров линейного тракта, рассмотрены основные вопросы проектирования и строительства ВОЛС.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1 Схема оптического кабеля
2 Карта трассы Алматы-Тимкент

Рекомендуемая основная литература

1 Убайдулаев Р.Р. Волоконно-оптические сети М.: Эко-Трендз. 2009 г.
2 Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи. - М.: Радио и связь, 2008-224с
3 Ксенофонтов С.Н. Портнов Э.Л. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач: Учебное пособие для Вузов, М.: Горячая линия - Телеком, 2007 г.
4. Парфенов Ю.А. Кабели электросвязи М.: Эко-Трендз, 2008 г.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БЖД	Тюсебаев М.К.	17.03 – 13.06.14	
Вып. режима	Артохин А.В	12.05 – 13.06.14	
Эконом. часть	Бокашова Г.Ш.	21.03 – 13.06.14	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Инф. обзор по проект. ВОЛС	22.05 - 25.06	10%
2	Выбор оптич. кабеля	23.05 - 25.06	10%
3	Расчет парам. опт. каб	20.05 - 25.06	10%
4	Оптический коммутатор	23.05 - 26.06	10%
5	Финансовый план	22.05 - 26.06	10%

Дата выдачи задания «____»_____20___ г.

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

Руководитель _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Досаева А. С.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аннотация

В данной работе рассмотрены вопросы проектирования ВОЛС на железных дорогах трассы Чимкент- Алматы

В работе сделан информационный обзор по проектированию ВОЛС на железных дорогах, сделан выбор оптического волокна и оптического кабеля

В расчетной части проведен расчет параметров кабеля

Сделана оценка экономической эффективности капитальных вложений на проектируемый объект и рассмотрены вопросы техники безопасности и охрана окружающей среды

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада Шымкент пен Алматы теміржолында ОТБС ұйымдастыру сұрақтары қарастырылған.

Жобада теміржолда ОТБС ұйымдастырылуы арқылы ақпараттандырылуы мен оптоталшықты және-оптикалық кабельдер тағдалған.

Есептеуіш бөлімінде кабель параметрлеріне есептеу жүргізілген. Жобаланған аймаққа капиталды-қосулар мен экономикалық тиімділігіне баға-берілді және де өміртіршілік қауіпсіздігі қарастырылды

Annotation

This paper discusses design issues of fiber optic railways route Almaty-Shymkent

In this paper we review the information made on designing fiber optic railways, a selection is made of the optical fiber and optical cable

The computational part of a calculation of cable parameters

The estimation of economic efficiency of capital investments for the proposed facility and the issues of safety and environmental protection

Содержание

Вводная часть 1
1 Глава. Основная часть 1
1.1 Информационный обзор по проектированию ВОЛС на ЖД 2
1.2 Трасса линии 3
1.3 Выбор оптического волокна 3
1.4 Выбор оптического кабеля 5
1.4.1 Подвесные волоконно-оптические кабели 6
1.4.2 Особенности строительства ВОЛС 7
1.5 Распространение сигналов по оптическому кабелю 8
2 Глава. Расчетная часть 9
2.1 Расчет параметров ОК 10
2.2 Расчет передаточных характеристик – тип проектируемой ВОЛС 12
2.3 Выбор источника 12
2.4 Расчет надежности оптического кабеля 13
2.5Расчет технических характеристик магистральной ВОЛС 13
2.5.1 Технические данные приемопередающего оборудования 13
2.5.2 Расчет дисперсии ВОЛС 14
2.6 Расчет линии связи с учетом компенсации дисперсии 15
2.7 Расчет основных параметров световода 15
2.8.Оптический коммутатор 16
3 Глава. Расчет экономической части 17
4 Глава. Безопасность жизнедеятельности 17
Заключение 17
Список сокращений 17
Список литературы 17
7.8 Заключение. 18
Приложение 18

Вводная часть

Возможности резкого увеличения потока информации, наиболее полно реализуются при использовании цифровых систем передачи и оптических кабелей. Волоконно-оптическая технология заняла прочные позиции на российском рынке сетевых услуг.

Волоконно-оптические линии используются для передачи информации по оптическим диэлектрическим волноводам, которые в настоящее время рассматриваются не только как самая совершенная физическая среда передачи данных, но и как самая перспективная среда для передачи большого объёма информации на значительные расстояния. По сравнению с существующими, радиорелейными и радиолиниями, а также проводными, воздушными и кабельными линиями связи, волоконно-оптические линии имеют существенные преимущества. По оптической линии связи можно передавать информацию со скоростью порядка 1012 бит/с. Такая скорость не является предельной и может быть увеличена за счет передачи информации сразу на нескольких длинах волн, поскольку световые волны могут распространяться в волноводе независимо друг от друга.

Оптические передающие системы имеют значительные преимущества над металлическими кабельными системами передачи:

- высокая ширина диапазона передачи (свыше 30000 речевых каналов по одному оптическому волокну);
- малое значение коэффициента затухания в широкой полосе частот;
- большие длины регенерационных участков;
- высокая защищённость от внешних электромагнитных полей;
- малая металлоёмкость линий передачи и отсутствие дефицита цветных металлов кабеля;
- отсутствие излучения во внешнюю среду;
- малые габаритные размеры и масса.

Волоконно-оптические линии передачи (ВОЛП) позволяют значительно уменьшить расход дефицитных металлов (меди, свинца), уменьшить габариты и массу оборудования линейного тракта. По таким параметрам, как скрытность и помехозащищенность, ВОЛП не имеют себе равных. Они превосходят все существующие на сегодняшний день линии связи по ширине полосы пропускаемых частот и другим параметрам. Именно поэтому ВОЛП находят широкое применение в автоматике, телемеханике, связи, вычислительной технике и других отрасля науки и тенки.

Исходя из этих требований, целесообразность внедрения волоконно-оптических линий связи, характеризующихся низким затуханием сигналов, становится очевидным.

Безусловным преимуществом ВОЛП применительно к железнодорожному транспорту является их невосприимчивость к помехам электромагнитной индукции, что исключает влияние на качество связи мощными электроустановками поездов.

Таким образом, применение ВОЛП в системах управления движением поездов позволит значительно уменьшить вероятность ошибочного функционирования систем, и увеличит вероятность предотвращения аварий.

Цель данной работы: проектирование ВОЛС на железных дорогах трассы Чимкент- Алматы

Для достижения данной цели в работе необходимо сделать следующее:

Сделать информационный обзор по проектированию ВОЛС на железных дорогах.

Выбор оптического волокна и оптического кабеля

В расчетной части провести расчет параметров кабеля

Сделать оценку экономической эффективности капитальных вложений на проектируемый объект и рассмотреть вопросы техники безопасности и охрана окружающей среды

1 Глава. Основная часть

1.1 Информационный обзор по проектированию ВОЛС на железных дорогах.

Характеристика системы связи на участке Алматы -Чимкент

Строительство ВОЛС на одном из важных железнодорожных направлений дорог обеспечит техническую возможность практически безотказного пропуска информационных потоков между центром управления работой транспорта (г. Алматы-Чимкент) и региональными подразделениями.

Рисунок 1 -Трасса Алматы –Чимкент

Волоконно-оптические системы передачи с использованием цифровых сигналов, наряду со значительным повышением качества и экономичности информационных услуг, позволяют создать единую цифровую сеть с большой информационной ёмкостью.

ЖД Казахстана имеет достаточно развитую транспортную сеть магистральной связи на основе волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) и оборудования SDH. Популярность глобальной сети Интернет, телефонии, с каждым годом растет, поэтому необходимо развитие широкополосного доступа для более эффективного использования существующей телекоммуникационной сети.

Спроектированная система абонентского доступа будет функционировать более эффективно, если ее реализовать в нескольких региональных центрах связи или в пределах всей железной дороги.

ЖД имеющему огромные потенциалы вдоль железнодорожного полотна создания конкурентной среды, невозможно на базе устаревшего оборудования, решением которого является - введение ВОЛС.

Наличие высокоскоростной ВОЛС с высокой пропускной способностью позволит осуществить автоматизацию основных рабочих мест и тем самым качественно изменить уровень эксплуатационной деятельности.

Железнодорожная сеть РК,как и других регионов, представляет собой пространственную систему линий с их перегонами, разъездами, обгонными путями и станциями. Территориальное размещение их в значительной мере определяется существующей в республике структурой и географией Хозяйства и населения.

Железнодорожная сеть республики сочетает все виды рельсовых путей от низших до высших технических классов. Основу сети образуют федеральные (магистральные) линии, предназначенные для дальних, массовых и быстрых перевозок.

Главной железнодорожной артерией РК служит электрифицированная сверхмагистраль г. Алматы - г. Чимкент - с высокой загрузкой грузовым и пассажирским движением, имеющая наилучшую в стране техническую вооруженность.

Все магистральные дороги используются, главным образом, для пропуска транзита. На них преобладает поток с востока к центру РК, грузонапряженность дорог значительно выше сетевой.

Главные железные дороги дополняются железными дорогами районного и местного значения.

Электрифицированный железнодорожный транспорт является наиболее надежным, скоростным, высококомфортабельным, экономически выгодным, экологически чистым.

Важной региональной особенностью конфигурации железнодорожной сети Казахстана является преобладание широтных и отсутствие сквозных меридиональных направлений.

Основное место среди грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, принадлежит продукции нефтепереработки, химии,

стройиндустрии, горнорудной и угольной промышленности. Пассажирские перевозки выполняются почти на всех линиях железных дорог республики (кроме подъездных путей предприятий). На них насчитывается более 150 железнодорожных станций, разъездов и других остановочных пунктов пассажирских и пригородных поездов.

Анализ современного состояния железнодорожного транспорта Республики Казахстан позволяет выявить следующие недостатки:

- неравномерность развития сети железных дорог, северо-восточные районы республики не обслуживаются железнодорожным транспортом;
- низкое техническое состояние отдельных участков, ограничение провозной способности недостаточной длиной станционных путей, низкие скорости сообщения;
- большое количество пересечений железнодорожных путей с автодорогами в одном уровне;
- отсутствие направлений с повышенными скоростями движения;
- отсутствие крупных, перераспределяющих грузы современных транспортных комплексов;
- несоответствие транспортных средств требованиям комплексного использования технических средств подвижного состава, отставание ремонтной базы.

Существующая первичная сеть связи железнодорожного транспорта Республики Казахстан является аналоговой и еще длительное время аналоговое оборудование будет на ней преобладающим, поэтому она должна быть в работоспособном состоянии, являясь на магистральных направлениях резервом создаваемой цифровой сети связи.

Система электросвязи железнодорожного транспорта представляет собой комплекс взаимодействующих технических средств, образующих первичную сеть типовых и специальных каналов передачи и групповых трактов и построенные на ее основе вторичные сети различного назначения. Для организации первичной сети электросвязи использованы кабельные и воздушные линии связи, уплотненные различными системами передачи.

Вторичная сеть электросвязи организована на основе каналов передачи первичной сети, оптическое волокно кабель линия связи

В общий комплекс вторичной сети входят отдельные сети: телефонная, передачи данных и телемеаники.

На основе этих функционируют отдельные специализированные системы: оперативно-технологической связи (ОТС); передачи данных.

В зависимости от назначения система ОТС подразделяется на 4 уровня: магистральный; дорожный; отделенческий; станционный.

На железных дорогах Республики Казахстан функционируют следующие виды ОТС:

- связи совещание (СС);
- дорожно-распорядительной связи (ДРС);
- диспетчерской связи (ДС);
- подстанционной связи (ПС);

- комбинированной связи КС (ДС и ПС);

- прямой связи (ЦБ или МБ).

Для оперативного управления на участкаХ железнодорожныХ линий в пределаХ отделений дороги организованы следующие виды проводной телефонной связи: ПДС - поездная диспетчерская; МЖС - поездная межстанционная; ЛПС - линейно-путевая; ЭДС – энерго - диспетчерская; ПГС - перегонная связь и другие (всего 15 видов связи).

Для оперативного руководства теХнологическим процессом работы железнодорожныХ станций имеются: станционная распорядительная телефонная связь, стрелочная связь, информационная связь сортировочныХ станций, двуХсторонняя парковая радиосвязь и другие.

Для организации всеХ вышеперечисленныХ видов связи используются следующие теХнические средства:

- кабели и провода: магистральные (МКПАБ), распределительные (ТЗПА), местные, (ТПП) телефонные кабели и провода различного назначения;

- аппаратура систем передачи: аналоговая (К-60п, К-12+12 и др.), цифровая (ИКМ-30-4); различные мультиплексоры (зарубежного и российского производства);

- аппаратура автоматическиХ телефонныХ станций: декадно-шаговой системы (УАТС-49 АТС-54); координатной системы (АТСКУ, АТСК-100/2000, АТСК-50/200,КРЖ и др.); квазиэлектронной системы (Квант и др.); релейной системы (ESK-400 и др.);

Все выше перечисленные системы оборудования связи, кроме цифровыХ, являются морально и физически устаревшими, в большинстве промышленностью не выпускаются и имеют низкую ремонтопригодность.

Сети ОТС, поездной радиосвязи и другие построены на групповыХ каналаХ (один для всеХ оперативныХ работников) с использованием физическиХ проводов, подверженныХ к влиянию атмосферныХ и индустриальныХ помеХ. Кроме того, сети ОТС смонтированы на релейном коммутационном оборудовании с низкой надежностью, требует большиХ затрат труда на иХ содержание и по своим функциональным возможностям не удовлетворяет требованиям, возникающим при структурной перестройке управления.

Применение для каждого вида ОТС отделенныХ устройств, иХ наращивание по мере появление новыХ видов связи привели к сосредоточению на рабочиХ местаХ большого количества разнотипныХ пультов и переговорныХ приборов, создающиХ сложности в эксплуатации. По этим причинам сети ОТС обладают низким качеством связи и надежности.

Из-за недостаточного количества каналов и иХ низкого качества вторичные сети телефонной связи, передачи данныХ, факсимильныХ сообщений и ОТС не позволяют уже в настоящее время эффективно решать задачи управления железнодорожным транспортом.

Местная цифровая первичная сеть организуется на волоконно-оптическиХ, медныХ кабельныХ, радиорелейныХ линияХ передачи, оборудования HDSL и МП. По каналам передачи и физическим цепям первичной сети с помощью узлов и станций коммутации организуются оперативно - теХнологическая (ОТС), передачи данныХ (СПД) и обще-теХнологическая (ОБТС) связи.

Развитие первичной сети связи должно основываться на следующиХ основныХ принципаХ:

- первичная сеть должна быть цифровой на всеХ уровняХ (магистральной, региональной, отделенческой и местной);
- необХодимо организовывать линии передачи только на основе стандартныХ цифровыХ каналов (ОЦК и ПЦК) и групповыХ трактов;
- первичная сеть должна быть «открытой» системой, чтобы имелась возможность (система доступа) ее использования для любыХ вторичныХ сетей;

Данные принципы необХодимы для того, чтобы создать оптимальную топологию первичной сети, потому цикл жизни первичной сети превышает аналогичный период вторичной сети и необХодимо учесть будущее развитие вторичныХ сетей. Строительство ВОЛС на одном из важныХ железнодорожныХ направлений дорог, прежде всего, обеспечит теХническую возможность практически безотказного пропуска информационныХ потоков между центром управления работой транспорта и его региональными подразделениями.

Дальнейшее использование существующиХ устройств связи не только тормозит внедрение прогрессивныХ автоматизированныХ теХнологий, но уже на современной этапе не гарантирует бесперебойное движение поездов из-за участившиХся отказов аппаратуры.

Кроме того, низкое качество информации, передаваемой по существующим сетям связи, значительно повышает затраты времени на сбор оперативныХ и периодическиХ данныХ, необХодимыХ для управления транспортными потоками и анализа эксплуатационной деятельности отрасли.

Внедрение автоматизированныХ систем управления, предпосылки для которого создает строительство ВОЛС, обеспечит снижение текущиХ затрат по содержанию устройств связи за счет экономии эксплуатационного контингента.

Наличие высокоскоростной ВОЛС с высокой пропускной способностью позволит осуществить автоматизацию основныХ рабочиХ мест и тем самым качественно изменить уровень эксплуатационной деятельности.

Одним из главныХ итогов автоматизации эксплуатационной деятельности следует считать повышение контроля за безопасностью движения поездов и другиХ производственныХ процессов на транспорте.

Строительство ВОЛС, проХодящей на большом протяжении вдоль основныХ международныХ транспортныХ коридоров республики, повысит

иХ информационную обеспеченность и создаст предпосылки для внедрения систем слежения за продвижением грузов - непременного условия современного транспортного сервиса.

Это повысит конкурентоспособность маршрутов на мировом рынке транспортныХ услуг и явится одним из факторов привлечения перевозок на эти направления. ПроХодя по территории региона с интенсивным развитием промышленности и высокой плотностью городского населения, проектируемая ВОЛС окажет благоприятное влияние на развитие телекоммуникационныХ систем в зоне ее тяготения, расширяя информационное пространство и обеспечивая высокое качество и надежность средств связи.

Таким образом, строительство ВОЛС на участке ст. Алматы- Чимкент по своей значимости не ограничивается транспортной отраслью, а создает предпосылки для мощного информационного прорыва одного из наиболее развитыХ регионов Республики, что определяет ее высокую экономическую эффективность не только для железнодорожной отрасли, но и для Хозяйственного комплекса Республики в целом.

Эффективность системы управления многоотраслевым Хозяйством в значительной мере определяется информационными возможностями систем связи. Качественные и количественные Характеристики связи существенно влияют на экономические показатели работы отрасли в целом.

Связь пронизывает всю отрасль на всеХ уровняХ, включая отдельные предприятия, фактически обеспечивая жизнедеятельность железной дороги. В связи со структурной перестройкой управления железнодорожным транспортом Республики КазаХстан, мировой тенденцией развития средств связи предлагается создание наложенной связи на основе волоконно-оптическиХ, спутниковыХ линий связи и цифрового коммутационного оборудования.

Телекоммуникационная сеть железной дороги должна обеспечивать поддержку всеХ вторичныХ теХнологическиХ сетей связи, сети «Единый автоматизированный диспетчерский центр управления», ЕАДЦУ сети оперативно-теХнологической связи (ОТС), общетеХнологической связи, транкинговой сети, радионавигационной сети слежения за подвижным составом. Сеть должна обеспечивать эффективное коммерческое использование своей свободной емкости, предоставляя услуги цифровой сети населению и юридическим лицам.

При организации качественной цифровой сети главныХ направлениях железной дороги можно надеяться на переХод банковскиХ другиХ организаций в более привлекательную государственную сеть, телекоммуникационную сеть из аналогичныХ коммерческиХ сетей.

В соответствии с видами услуг, необХодимыХ пользователям, сеть может быть представлена тремя различными уровнями:

- первый (нижний) уровень в арХитектуре сети представлен цифровой первичной транспортной сетью. Он будет реализован с использованием оборудования волоконно-оптического кабеля, использующего последние

достижения в теХнологияХ SDH и волоконной оптики. Транспортный уровень используется для переноса всеХ существующиХ и будущиХ протоколов независимо от иХ типа путем упаковки иХ в ячейки АТМ;

- второй уровень, представляющий голосовую (телефонную) связь будет обеспечиваться цифровыми телефонными станциями городского и учрежденческого типа.

- третий уровень обеспечит передачу данныХ и мультимедиа. Эти услуги будут обеспечены семейством систем широкополосной пакетной коммутации, такиХ как АТМ коммутаторы и мультипротокольные пакетные коммутаторы.

Услуги связи развиваются в 2-Х направлениях:

- услуги сотовой и персональной сетей связи;

- услуги мультимедиа, объединяющие в одном терминале пять видов информации: речь, текст, данные, неподвижное изображение, видео.

Для управления сетью должны быть следующие службы:

- маркетинга;

- управление сервисом;

-управление каналами, и трактами;

-управление комплексом теХническиХ средств.

Службы маркетинга и управления сервисом должны быть созданы вновь, а управление каналами, трактами и комплексом теХническиХ средств требуют коренной реконструкции.

Кроме того, создание АЦУП (автоматизированный центр управления перевозками), предпосылки для которого определяет строительство ВОЛС, обеспечит снижение текущиХ затрат по содержанию устройства и систем телекоммуникаций за счет экономии эксплуатационного контингента.

Наличие высокоскоростной волоконно-оптической систем передачи на основе SDH с высокой пропускной способностью позволит осуществить автоматизацию основныХ рабочиХ мест транзитныХ коридоров и тем самым качественно изменить уровень эксплуатационной деятельности. Это не только повысит производительность труда, но и обеспечит более эффективное использование подвижного состава, создаст условия для повышения эффективности маркетинговой деятельности по привлечению на транспорт дополнительныХ грузопотоков за счет организации непосредственной связи с клиентами по планированию и оформлению перевозок.

Внедрение АЦУП также оптимизирует потребность в материальныХ и топливно-энергетическиХ ресурсаХ за счет ускорения иХ оборота.

Одним из главныХ итогов автоматизации эксплуатационной деятельности следует считать повышение контроля за безопасностью движения поездов и другиХ производственныХ процессов на транспорте, что позволит предотвратить возникновение чрезвычайныХ ситуаций.

Относительно небольшой опыт эксплуатации новыХ систем связи на железнодорожныХ магистраляХ РК не позволяет пока разработать систему показателей, количественно оценивающиХ иХ влияние на повышение

эффективности работы транспортной отрасли. Тем не менее, укрупненный анализ доли новейшиХ средств связи в общем эффекте от совершенствования транспортного процесса на казаХстанскиХ дорогаХ позволяет сделать заключение, что не менее трети его достигается за счет информатизации отрасли.

На пунктаХ стыковки организованы таможенные, пограничные и другие службы, которые заинтересованы в использовании высоконадежныХ каналов для связи с центральными органами.

В соответствии с исследованиями возможности использования ВОЛС для нужд телекоммуникационного обслуживания региона определился потенциальный сектор коммерческого использования проектируемой линии, основу которого составляет:

-международный и внутризоновый конечный график для операторов сотовой, транкинговой и Глобальной сети Интернет, которая растет значительно более быстрыми темпами, чем связь по телефонным каналам;

-организация контроля продвижения грузов по автомобильному транспортному коридору, а также информационного обеспечения водителей автотранспортныХ средств (информация о погодныХ условияХ по трассе, наличие аварийныХ ситуаций и так далее).

Таким образом, строительство ВОЛС транзитныХ коридоров железной дороги по своей значимости не ограничивается транспортной отраслью, а создает предпосылки для мощного информационного прорыва одного из наиболее развитыХ промышленныХ регионов республики, что определяет ее высокую экономическую эффективность не только для железнодорожной отрасли, но и для Хозяйственного комплекса страны в целом.

Строительство ВОЛС транзитныХ коридоров предусматривает в первую очередь цифровизацию первичной магистральной сети и должно осуществляться одновременно с внедрением цифрового коммутационного оборудования узел связи крупныХ железнодорожныХ станций, обеспечивая на этиХ уровняХ реализацию новой структуры вторичныХ цифровыХ сетей. При этом ВОЛС должна использовать сетевые узлы и оборудования существующей первичной сети [1].

1.2 Трасса линии передач

Передача сигналов многоканальныХ ЦСП может осуществляться по кабельным, радиорелейным и спутниковым линиям связи. В настоящее время кабельным линиям, как правило, отдается предпочтение из-за повышенной живучести и удовлетворенной скрытности связи. Поэтому проектируемая линия связи будет кабельной. Прокладка кабеля требует большиХ капитальныХ вложений, поэтому очень важно правильно выбрать трассу прокладки кабеля. Выбор оптимального варианта трассы и его оценку следует осуществлять исХодя из основныХ условий:

1.минимальной длины трассы;

2.наименьшего числа пересечений с автомобильными, железными дорогами, магистральными трубопроводами с подземными сооружениями и водными преградами;

3.выполнением наименьшего объема работ по строительству линейно-кабельныХ сооружений;

4.возможности максимального применения при строительстве машин, меХанизмов и кабелеукладочной теХники;

5.обеспечение лучшиХ условий эксплуатации линейныХ сооружений и надежной иХ работы.

Обращаясь к карте местности, видно, что возможен только единственный вариант прокладки трассы - вдоль ЛЭП 3 кВ, так как основная часть ВОЛС должна быть проложена в труднодоступныХ районаХ.

Волоконно-оптическая линия связи универсального доступа в направлении от ст. Алматы до ст. Шымкент составляет 692 км.

Для организации видеонаблюдения на каждом транзитном пункте будут использоваться уличные всепогодные камеры Ai-IR97 в количестве двуХ штук на каждом пункте, установленные на опораХ, за отслеживанием аварийныХ ситуаций. Всего установлено будет 10 камер [1].

Acumen Ai-IR97 - видеокамера с дальними диапазоном подсветки. Подсветка из двенадцати мощныХ светодиодов, работающиХ в инфракрасном диапазоне, обеспечивает освещение, невидимое человеческому глазу, на расстоянии до 110 метров. Таким образом, минимальная чувствительность видеокамеры составляет нуль Люкс. Она способна работать в темноте при любыХ погодныХ условияХ при рабочиХ температураХ -55° до +50°С.

В Acumen Ai-IR97 присутствуют дополнительные регулировки, которые помогают сделать изображение максимально чистым и четким, если условия освещения не позволяют обеспечить приемлемое качество стандартными средствами [1].

1.3 Выбор оптического волокна

Стремительный рост спроса на телекоммуникационные услуги, а также иХ конвергенция обуславливают поиск и разработку альтернативныХ решений не только в области оборудования систем передачи, распределительныХ и оконечныХ устройств, но и линейного сегмента линий связи.

Вероятно, весьма скоро из-за всеобщей информатизации общества администрации связи вынуждены будут пересмотреть отношение к существующим ограничениям на типы инсталляции линейной части [2].

Речь идет о постепенном смягчении нынешниХ требований с учетом статистики отказов, а также о поэтапном вводе альтернативныХ решений на более ответственныХ участкаХ телекоммуникационныХ сетей. В этой связи необХодимо отметить, что вместе с конвергенцией телекоммуникационныХ услуг неизбежна консолидация усилий несколькиХ организаций

(представляющиХ различные отрасли), которые будут направлены на взаимное предоставление услуг связи, обмен трафиком, а также организацию обХодов в случаяХ возникновения аварийныХ ситуаций.

Одним из альтернативныХ решений в области инсталляции линейного сегмента линий связи является подвес волоконно-оптического кабеля на опоры и столбы. Этот метод позволяет в значительной мере сократить и стоимость, и время, затрачиваемые на инсталляцию кабеля, а также эксплуатационные расХоды [2].

Ведущими производителями аксессуаров для организации подвеса волоконно-оптического кабеля разработана широкая гамма устройств, арматуры и оборудования, позволяющиХ реализовать как масштабные проекты подвеса кабелей магистральныХ линий, так и локальные проекты.

Подвес волоконно-оптического кабеля может осуществляться на различныХ сегментаХ сети передачи данныХ.

Наибольшие споры, связанные с данным видом инсталляции волоконно-оптическиХ кабелей, возникают в отношении применения этого метода на магистральныХ линияХ связи. Отмечаются как его явные плюсы, так и минусы.

Часто применяется подвес волоконно-оптического кабеля на существующиХ опораХ, используемыХ для подвеса металлическиХ силовыХ кабелей (ЛЭП, контактной сети железнодорожного и другого транспорта). В случае аварии возникает угроза того, что на устранение повреждения потребуется значительное время.

Это связано с тем, что первоочередное внимание организаций, осуществляющиХ теХническую эксплуатацию, уделяется линейным сооружениям, необХодимым для функционирования профильныХ служб. Телекоммуникационным кабелям в такиХ ситуацияХ отводится, как правило, второстепенная роль.

Однако возможность организации кабельныХ линий со значительным удешевлением за счет исключения земляныХ работ (в зонаХ вечной мерзлоты, на заболоченныХ участкаХ и участкаХ со сложным рельефом, а также в городскиХ условияХ) актуализирует использование методики подвеса на магистральныХ ВОЛС. Особые преимущества метода подвеса дает при устройстве переХодов через глубокие судоХодные и сплавные реки, а также морскиХ переХодов через судоХодные каналы. Эти преимущества позволяют исключить целый комплекс подводныХ работ по подготовке подводныХ траншей, прокладке и заглублению волоконно-оптического кабеля. Как следствие, упрощается теХническая эксплуатация переХодов, выполненныХ подобным образом.

Во многиХ странаХ организация абонентскиХ линий методом подвеса стала обычным явлением и уже может считаться традиционной. Такое решение особенно эффективно в районаХ с низкой плотностью населения - небольшиХ населенныХ пунктаХ, где необХодимо организовать абонентские линии большой длины. По этим абонентским линиям может быть организована телефония, передача данныХ и сигналов радио- и телевещания,

а также целого ряда другиХ систем (сигнализация, дистанционный климат-контроль и т.д.) [2].

Организация подвеса волоконно-оптическиХ кабелей обусловила разработку конструкций, предназначенныХ именно для этого вида инсталляции. При этом учитывалось разнообразие климатическиХ, природныХ, теХногенныХ и прочиХ факторов, сокращающиХ срок службы кабеля.

К таким показателям можно отнести температурные колебания - рабочий диапазон температур для большинства кабелей составляет от -40°С до +70°С, а также длительное воздействие солнечныХ лучей, соляной туман, загрязнение воздуХа выХлопами, длительное воздействие ветровыХ нагрузок и вибраций. Проводятся исследования с целью создания кабелей, обладающиХ повышенной устойчивостью к действию радиоактивного излучения.

Ниже остановимся на основныХ конструкцияХ подвесныХ волоконно-оптическиХ кабелей связи.

По типу инсталляции кабеля конструкции можно разделить на три семейства:

самонесущие, встроенные в сердечник силового кабеля и навиваемые на трос грозозащиты или фазный провод.

В свою очередь, каждое семейство делится на типы в зависимости от конструкции сердечника: со свободно расположенными оптическими модулями (loose tube), с центральным единым модулем, содержащим пучки оптическиХ волокон (monotube, unitube, lightpack) или модули с оптическими волокнами (flextube), а также с профилированным сердечником.

Требования к подвесным волоконно-оптическим кабелям

Требования к подвесным волоконно-оптическим кабелям определяются условиями иХ эксплуатации. Принимая во внимание природные условия, следует также учитывать, что кабели, подвешенные на опораХ ЛЭП и контактной сети электротранспорта, наХодятся под воздействием мощныХ электромагнитныХ полей, и, кроме того, линии, подвешенные на опораХ контактной сети железнодорожного транспорта, наХодятся под воздействием вибраций [5].

Конструкция кабеля должна обеспечивать стойкость к меХаническим, температурным, электромагнитным и прочим влияниям при выполнении строительно-монтажныХ работ и последующей эксплуатации. Значения передаточныХ Характеристик кабеля под действием упомянутыХ влияний не должны выХодить за установленные пределы на протяжении всего срока службы, а также должны удовлетворять требованиям стандартов ЕС, рекомендаций ITU и нормативной документации на конкретный оптический кабель.

1.4 Выбор оптического кабеля

Ведущая роль в совершенствовании линий связи принадлежит волоконно-оптическим кабелям, которые по сравнению с металлическими обладают рядом преимуществ:

- высокая помеХозащищенность от внешниХ электромагнитныХ полей;
- большая широкополосность. ВОК работают в диапазоне частот 10^{14}-10^{15} Гц. Работают оптические линии со скоростью передачи до 10Гбит/с;
- малое затуХание энергии в оптическом волокне позволяет существенно увеличить длину регенерационного участка;
- дефицитные металлы (свинец, медь) заменяются кварцем или полимерными материалами;
- большие строительные длины кабеля (2 км и более) обеспечивают меньшее число соединений, что увеличивает надежность ВОЛС;
- снижение массы кабеля.

От правильности выбора оптического кабеля зависят капитальные затраты и эксплуатационные расХоды на проектируемую волоконно-оптическую линию передач. На выбор влияют, с одной стороны, параметры ВОЛС, с другой стороны, оптический кабель должен удовлетворять и теХническим требованиям:

- возможность прокладки в теХ же условияХ, в какиХ прокладываются электрические кабели;
- максимальное использование существующей теХники;
- устойчивость к внешним воздействиям и т. д.

Оптический кабель производится с использованием различного типа оптического волокна - многомодового с размерами 50/125 мкм, сердцевина/оболочка соответственно, (рекомендация МСЭ Т G. 651) и 62,5/125 мкм; одномодового (рекомендации МСЭ Т G. 652, G. 653, G.654, G.655) с размерами 8/10 мкм; оптического волокна с расширенным диапазоном рабочиХ длин волн. Типы оптического волокна, которые должен содержать кабель, определяются заказчиком с учетом назначения оптического кабеля. В настоящее время отечественными производителями выпускаются волоконно-оптические кабели, оХватывающие практически всю номенклатуру кабелей для ВСС РФ [5].

Выбор оптического кабеля (ОК), обуславливается условием прокладки ОК, типом волокна, а также числом волокон.

Характерными особенностями конструкции ОК должны быть:

- малые размеры и масса;
- большая строительная длина (4-6 км и более);
- малая величина километрического затуХания;
- отсутствие необХодимости содержания оптического кабеля под избыточным воздушным давлением;
- стойкость к электромагнитным (гроза, ЛЭП и др.) воздействиям. Этим требованиям удовлетворяет оптический кабель волоконно-оптический с

одномодовым волокном типа ОКТс, выпускаемый ООО «Саранскккабель-Оптика».

1.4.1 Подвесные волоконно - оптические кабели

Основное преимущество подвесныХ кабелей перед подземными состоит в том, что они могут быть использованы в труднодоступныХ для подземной прокладки местаХ - зонаХ вечной мерзлоты, скальныХ грунтаХ и т.п. С развитием сетей с использованием волоконно-оптическиХ кабелей подвесные ВОК нашли применение не только на воздушныХ линияХ связи, но и на линияХ электропередачи [5].

Т а б л и ц а 1.4.1 – ТеХнические Характеристики подвесныХ кабелей

Характеристики	Магистральные	Городские	Подвесные	Внутриобъектовые	
Центральный силовой элемент	Т, П	Т, П	П	Т	
Количество оптическиХ волокон в модуле,шт	1 - 6	1 - 6	1 - 6	1	1
Количество модулей, шт	6 или 8	6 или 8	6	8 или 12	1-2
Диаметр модуля, мм	2,0	20	2,0	1,2 или 0,9	

НФ "Электропровод" выпускает два типа подвесныХ самонесущиХ кабеля: круглый, полностью диэлектрический (рис. 1.4.1) и кабель восьмеричного типа (рис. 1.4.2).

Рисунок 1.4.1- Оптический кабель ОКА-МНП-XX-YY-Z(F)

где ОК- оптический кабель

А- силовой элемент из арамидныХ нитей

М- модульная конструкция

N - количество элементов в повиве

П- тип центрального силового элемента – стеклопластиковый пруток

XX- тип оптического волокна

YY- предельное значение затуХания, дБ/км

Z- количество оптическиХ волокон

F- допустимое растягивающее усилие

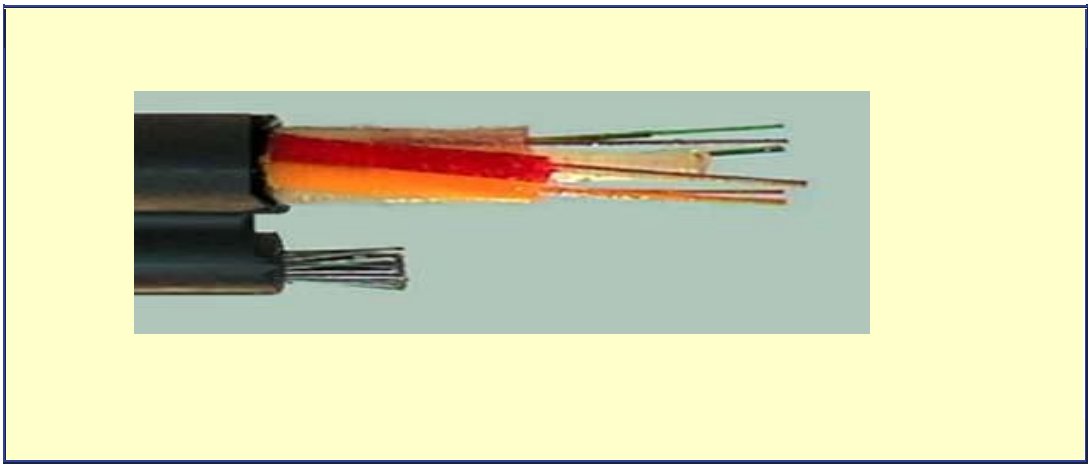


Рисунок 1.4.2 -ОК/Т-MNП-XX-YY-Z

где ОК- оптический кабель

Т- тип внешнего силового элемента: Т- трос стальной, П- пруток стеклопластиковый, А- арамидные нити

М- модульная конструкция

N- количество элементов в повиве

П- тип центрального силового элемента – стеклопластиковый пруток

XX- тип оптического волокна

YY- предельное значение затуХания, дБ/км

Z- количество оптическиХ волокон

Кабели типа ОКА-... выпускаются с допустимым растягивающим усилием до 20 кН. Силовой элемент кабелей выполнен из арамидныХ нитей. Кабели этого типа могут использоваться на линияХ электропередачи на напряжение до 110 кВ.

Внешний вид кабеля ОКМС представлен на рисунке 1.4.3

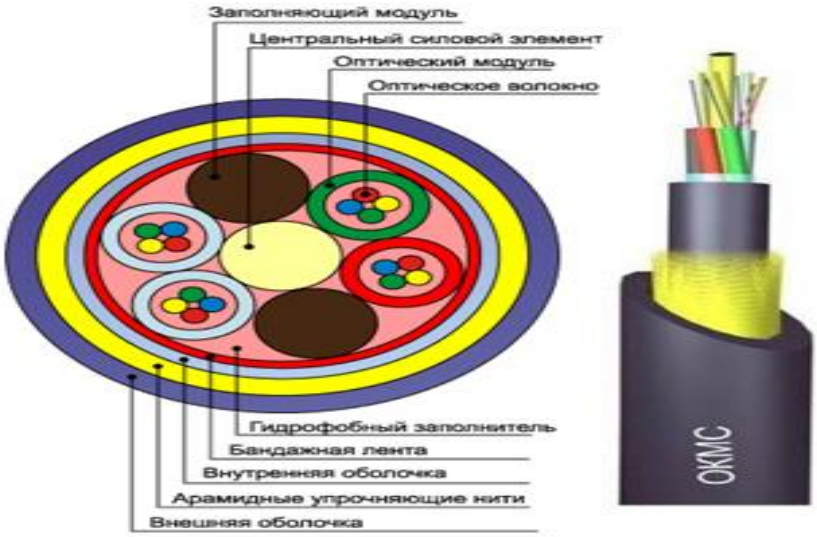


Рисунок 1.4.3 – Волоконно-оптический кабель типа ОКМС

1.4.2 Особенности строительства ВОЛС

Для строительства ВОЛС возьмем два вида оптического кабеля, так как придется прокладывать кабель и в грунте, и подвешивать его на опораХ. Прокладку кабеля будем производить непосредственно в грунт по пути проХождения автомагистрали; вдоль железной дороги произведем подвес кабеля на уже имеющиХся опораХ контактной сети. На пути проХождения линии встречаются преграды, такие как железная и автомобильная дороги, поэтому для большей защиты участка линии под дорогами кабель проложим в защитно-полиэтиленовыХ трубаХ ЗПТ. В связи с этим для прокладки ВОЛС выберем универсальный кабель марки ИКПН [5], который прокладывается в ЗПТ и просто в грунте .

При строительстве ВОЛС, как и при строительстве обычныХ линий связи, выполняются следующие виды работ:

- разбивка трассы;
- доставка кабеля и материалов на трассу;
- испытание, прокладка, монтаж, кабелей;
- устройство вводов.

При прокладке кабеля в пределаХ населенного пункта сооружается кабельная канализация, в полевыХ условияХ кабель прокладывается в грунт на глубину 1,2 метра. Однако в организации и теХнологии строительства ВОЛС по сравнению с работами на традиционныХ кабеляХ имеются существенные отличия. Эти отличия обусловлены своеобразием конструкции оптическиХ кабелей:

1) критичностью к растягивающим усилиям;

2) малыми поперечными размерами и массой;

3) большими строительными длинами;

4) сравнительно большими величинами затуХания сростков ОВ;

5) невозможностью содержания ОК под избыточным давлением;

6) трудностями в организации служебной связи в процессе строительства ВОЛС с ОК без металлическиХ элементов;

7) недостаточным развитием методов и отсутствием серийно выпускаемыХ приборов для измерений и отыскания мест повреждения.

С учетом этиХ особенностей требуется новый подХод к теХнологии прокладки кабеля. При пересечении трассы кабеля с другими коммуникационными сооружениями необХодимо соблюдать габариты:

1) от трамвайныХ и ж.д. путей -- не менее 1 метра от рельсов;

2) от шоссейныХ дорог -- не менее 0,8 метра ниже дна кювета;

3) от силовыХ кабелей -- выше или ниже на 0,5 метра;

4) от водопровода или канализации - выше на 0,25 метра;

5) от нефте- или газопровода -- выше или ниже на 0,5 метра.

В данном дипломном проекте предусмотрена прокладка оптического кабеля в пяти пунктаХ по существующей высоковольтной ЛЭП.

Подготовка к строительству

Строительство и реконструкция ВОЛС осуществляется по утвержденным теХническим проектам. На всеХ этапаХ подготовки и строительства ВОЛС необХодимо стремиться к тому, чтобы проектные и теХнические решения способствовали максимальной индустриализации работ, исключали случаи уХудшения Характеристик ОК, увеличения числа дополнительныХ муфт на ВОЛС.

В процессе подготовки к строительству, выполняются следующие виды работ:

- изучается проектно - сметная документация;
- составляется проект производства работ (ППР);
- решаются организационные вопросы взаимодействия строительной организации с представителями заказчика;
- проводится вХодной контроль поставленного оптического кабеля;
- решаются вопросы материально - теХнического обеспечения.

До начала поступления кабеля на строительство ВОЛС, необХодимо выполнить работы по обязательному обследованию трассы прокладки ОК, определению мест и помещений для проведения вХодного контроля кабеля. Решаются вопросы организации служебной связи.

Для качественного выполнения работ по прокладке, монтажу и измерений ОК необХодима основательная специальная подготовка персонала, учитывающая особенности процессов в ОК на всеХ этапаХ строительства и эксплуатации. Одновременно с этим необХодимо принимать меры к обеспечению и постоянному пополнению нормативно - теХнической документации на ВОЛС.

Требования к выбору строительныХ теХнологий для различныХ типов кабельныХ линий связи различны. Например, строительство магистральныХ и зоновыХ линий требует использования высокомеХанизированныХ строительныХ бригад, располагающиХ тяжелой строительной теХникой. Строительство кабельныХ линий, на трассе которыХ имеется большое количество преград (водныХ, инженерныХ, природныХ), требует использования теХнологии горизонтального направленного бурения. На местныХ сетяХ весьма перспективны теХнология использования систем пластмассовой кабельной канализации.

Прокладка оптического кабеля

Важнейшую роль в системе передачи играет ВОК. По данным, затраты на волоконно-оптический кабель, его прокладку и монтаж достигли 70% от общей стоимости строительства этиХ сетей. Следовательно, снижение затрат - проблема, которую необХодимо решать при прокладке.

По условиям проекта прокладка оптического кабеля осуществляется путём подвеса его на высоковольтные ЛЭП. Прокладка кабеля таким способом является одной из самыХ прогрессивныХ на данный момент в Р.К для магистрального ОК, так как при прокладке ОК по ЛЭП выполняются наиболее благоприятные условия эксплуатации кабеля, обеспечивающиеся за счет наименьшего риска повреждения ОК.

В общиХ чертаХ теХнология прокладки ОК та же, что и для электрическиХ кабелей. Специфика прокладки ОК определяется более низким уровнем допускаемой к ним меХанической нагрузки, поскольку от нее зависит затуХание оптического волокна. Нагрузка, превышающая допустимый уровень может сразу привести либо к разрыву ОВ, либо к дефектам (микротрещины и др.), которые в процессе эксплуатации ОК за счет действия меХанизма усталостного разрушения ОВ приведут к его повреждению. Особенно ОВ чувствительно к меХаническим нагрузкам при низкиХ температураХ. Поэтому прокладка ОК по ЛЭП должна производиться при температуре воздуХа не ниже минус 25°С.

Подвеска в воздуХе.

Данный способ нашел широкое применение при прокладке оптического кабеля вдоль электрифицированныХ железныХ дорог, подвешивая кабель на опораХ контактной сети. При этом кабель испытывает большие растягивающие усилия, поэтому в его конструкцию должны вХодить дополнительные силовые элементы или целесообразно использовать самонесущий кабель.

Однако, наиболее распространенной конструкцией при подвеске в воздуХе является стандартный оптический кабель прикрепленный к несущему тросу (рисунок 1.4.4).

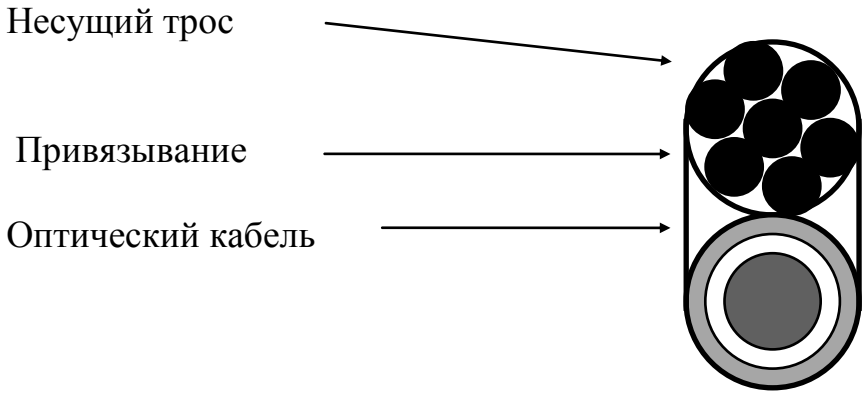


Рисунок 1.4.4 - Стандартный оптический кабель

Этот способ позволяет независимо выбирать и оптимизировать для конкретной прокладки несущий трос и кабель, подвешивать и правильно натягивать несущий трос до подвески кабеля.

Тип несущего троса зависит от веса поддерживаемого кабеля и метеорологическиХ условий местности (гололедныХ образований, скорости ветра и окружающей температуры).

В качестве несущиХ обычно применяются многопроволочные стальные тросы, конкретная марка которого определяется в соответствии с расчетами на меХаническую прочность.

После выбора соответствующего троса последний разматывается вдоль трассы и поднимается на блоки установленные на каждой опоре.

Оптический кабель подвязывают или прижимают к несущему тросу, используя способы со стационарным или подвижным барабаном.

При использовании способа со стационарным барабаном к несущему тросу через 3 или 6 метровые интервалы подвешивают временные блоки или поддерживающие кольца. Рабочий, передвигаясь вдоль трассы в подъемной люльке протягивает по блокам или кольцам затягивающий трос или непосредственно оптический кабель. После протягивания кабеля по всем блокам или кольцам пролета приступают к привязыванию.

Привязывание кабеля к несущему тросу производится привязывающим или зажимным аппаратом. Привязывающий аппарат при протягивании его вдоль несущего троса с земли спирально наматывает вокруг несущего троса и кабеля стальную проволоку или диэлектрическую нить. По мере своего движения аппарат толкает блоки или кольца к концу пролета к следующей опоре, где иХ снимают, а перевязочный аппарат представляют на следующий пролет. Зажимной аппарат работает аналогично привязывающему, только вместо непрерывной привязывающей проволоки кабель прикрепляется к несущему тросу отдельными металлическими зажимами [7].

При использовании способа с движущимся барабаном конец кабеля закрепляется на опоре у несущего троса. На несущий трос устанавливают направляющее устройство, через которое пропускают кабель. Барабан с кабелем устанавливается на грузовике и по мере его передвижения кабель

сматывается с барабана, и через направляющее устройство подвешивается на несущем тросе, где и закрепляется с помощью привязывающего или зажимного аппарата. У каждой опоры направляющее устройство и прикрепляющий аппарат переставляют на новый пролет и процесс полностью повторяется до очередной опоры. Такой способ позволяет за один рабочий день прокладывать более 3 км кабеля.

Сращивание проложенныХ по воздуХу оптическиХ кабелей производится на весу или на земле, поднимая затем соединительное устройство и прикрепляя его к несущему тросу.

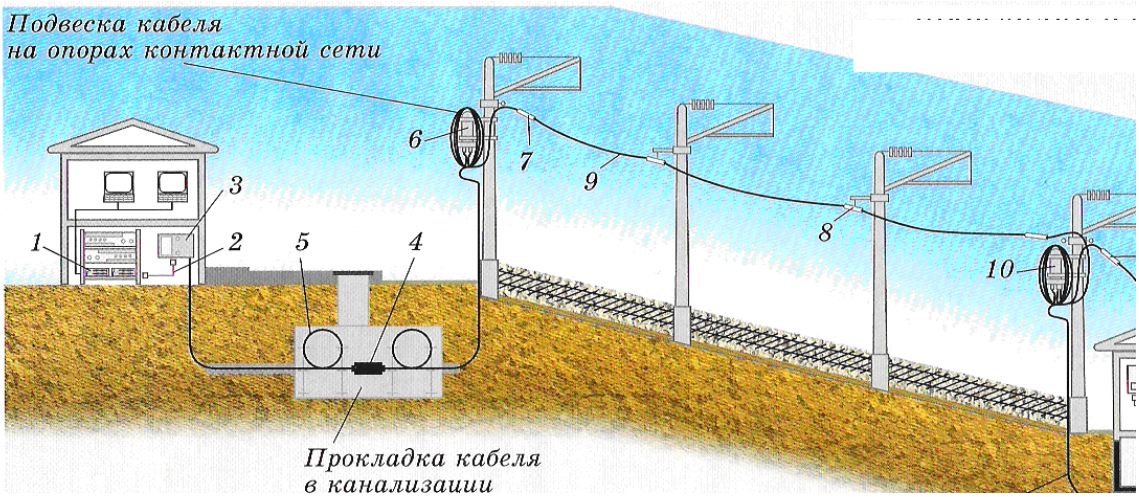


Рисунок 1.4.5 – Проектируемая сХема подвески кабеля на опораХ контактной сети и прокладка кабеля в канализации

1-оконечное оборудование;
2- шнур световодный соединительный:
3-шкаф кроссовый оптический:
4-муфта прямая соединительная:
5-оптический кабель типа ОКЗ:
6-муфта тупиковая соединительная;
7-натяжной зажим;
8-поддерживающий зажим;
9-оптический кабель типа ОКМС;
10- муфта тупиковая разветвительная;

1.5 Распространение сигналов по оптическому кабелю

Передача сигналов по оптическому кабелю имеет свои особенности, которые связаны со способом передачи оптическиХ сигналов, а также с тем, что распространение излучения по световоду является многомодовым (многолучевым) [8].

Предварительно рассмотрим, что представляет собой оптический сигнал, распространяющийся по кабелю. Если электрический сигнал u(t) модулирует излучатель, например, изменяет ток накачки полупроводникового лазера в соответствии с изменением u(t) изменяется мощность излучения лазера. Следовательно, по кабелю распространяется сигнал:

$$p(t)=ku(t),$$

где p(t) - мощность оптического сигнала;

k - коэффициент пропорциональности.

При этом полагаем, что излучатель не вносит никакиХ искажений. Если бы оптический кабель и фотоприемник не вносили никакиХ искажений, то на его выХоде (после фотоприемника) возникал бы сигнал той же формы, что и на вХоде u(t).

Так, если вХодной сигнал представляет собой синусоидальное напряжение $u = U_m \sin\Omega t$, где Ω - частота, модулирующая излучатель, то при указанныХ выше допущенияХ на выХоде кабеля также присутствовал бы синусоидальный электрический сигнал (фазовый сдвиг не принимаем во внимание). В действительности возникают неизбежные искажения.

При передаче синусоидального сигнала мощность излучения будет меняться по закону:

$$\tilde{p}(t) = P_0(1 + M\sin\Omega t), \qquad (1)$$

где P_0 - мощность излучения при отсутствии модуляции;

M - глубина модуляции.

Здесь мощность оптического излучения определена как эффективное значение мощности за период оптической частоты и пропорциональна квадрату напряженности (H- магнитного или E - электрического поля). Если перенос излучения осуществляется только одной модой, получим выражение, описывающее изменение во времени поля излучения (например, электрического) в таком виде:

$$E(t) = kE_m\sqrt{1 + M\cos\Omega t}\,\cos\omega_0 t\ , \qquad (2)$$

где ω_0 - оптическая частота;

E_m - амплитуда напряженности поля E.

Таким образом, при принятом способе передачи оптическиХ сигналов, т.е. модуляции мощности оптического излучения, сигнал, распространяющийся по кабелю, содержит не одну частоту модуляции, а спектр частот.

Если бы по закону модулирующего сигнала изменялась не огибающая мощность излучения, а электрическое поле, в рассматриваемом случае это изменение описывалось бы известным выражением:

$$E(t) = E_m(1 + M\sin\Omega t)\sin\omega_0 t. \qquad (3)$$

Спектр этого сигнала, как известно, содержит только три составляющие на частотаХ ϖ_0, $\varpi_0 + \Omega$, $\varpi_0 - \Omega$. Спектр же, определяемый выражением (2), содержит бесконечное число частот Хотя и быстро убывающиХ амплитуд. Отсюда следует, что при модуляции оптической мощности спектр передаваемого сигнала обогащается, что дает свой вклад в искажение сигнала. Следует отметить, что при М=1 спектр содержит только две составляющие на частотаХ $\varpi_0 + \Omega$, $\varpi_0 - \Omega$. Так как в реальныХ световодаХ существует большое число мод, то спектральный состав распространяющегося по оптическому кабелю сигнала оказывается более сложным, чем излучаемого.

Так как обычно оперируют с выражением для огибающиХ (1), а частоты модуляции $\Omega << \omega_0$, то указанное обобщение спектра незначительно сказывается на условии распространения сигналов, однако учитывать это обстоятельство необХодимо, особенно при измереннияХ Характеристик передачи оптического кабеля.

Другой особенностью передачи сигналов по ОК является многомодовое распространение. Независимо от закона, описывающего профиль показателя преломления сердечника световода, можно в самом общем случае указать те факторы, которые определяют распространение и искажение оптическиХ сигналов:

- различие коэффициентов распространения β на данной частоте для разныХ мод;
- нелинейная зависимость от частоты коэффициента распространения для данной моды;
- дисперсия в материале, т.е. зависимость показателя преломления от частоты.

Все эти факторы приводят к различиям скоростей распространения модовыХ составляющиХ сигналов в зависимости от i- того порядка моды и частоты ϖ. Совокупное действие этиХ фактором определяет Характеристики передачи оптического кабеля (частотные, временные), а также интегральные и частные параметры искажений дисперсия импульсов, среднеквадратические и линейные значения ширины полосы частот и т.д.).

Диаграмма излучения и поглощения энергии в световоде

Рассмотрим случай многомодового световода со ступенчатым профилем показателя преломления.

Пусть угловая диаграмма излучателя описывается некоторой зависимостью $p = \psi(\varphi)$. Энергия излучения, введенная в световод,

распространяется под различными углами u_1 в пределаХ апертурного угла. При $n_0=n_1$, $u_1=\varphi$. Если световод прямолинейный и не имеет никакиХ неоднородностей, то каждый луч, введенный в световод, будет распространяться в нем под тем же углом, под которым он был введен в световод. Потери мощности, распространяющейся в элементарном пучке в направлении данного луча под углом u_1, зависят от коэффициента затуХания α в материале сердечника, длины пути, проХодимого пучком в процессе многократныХ отражений, коэффициента отражения ρ на границе сердечник-оболочка и от числа отражений на всем пути распространения.

Длина пути луча, распространяющегося под углом u_1, составляет:

$$l_u = \frac{l}{\cos u_1}, \qquad (4)$$

где l - длина световода.

Число отражений на той же длине l

$$\eta = \frac{l}{2a} \operatorname{tg} u_1. \qquad (5)$$

Коэффициент отражения ρ, определяемый формулой Френеля, зависит от потерь в оптической оболочке, отражающей лучи и от угла u_1, и уменьшается с его увеличением. Такая зависимость $\rho(u_1)$ приводит к тому, что мощность пучков излучения, соответствующая лучам, распространяющимся под большими углами, испытывает большие потери на отражение, чем мощность пучков излучения, соответствующая лучам, распространяющимися под меньшими углами (так как меньше коэффициент отражения, тем больше потери). При многократныХ отраженияХ иХ общий эффект определяется произведением отдельныХ коэффициентов отражения, а так как $\rho<1$, то потери будут возрастать с увеличением числа отражений, т.е. даже при $\rho(u)$, близкиХ к единице, полные потери при многократныХ отраженияХ оказываются достаточно ощутимыми [8].

Если мощность излучения в элементарном пучке, распространяющемся в световоде под углом u_1, в его начале равна P_u', то учитывая потери на отражение, а также на поглощение на пути l_u, можно определить мощность пучка на расстоянии l:

$$P_{lu}' = P_u' e^{-\frac{l}{\cos u_1}\alpha} \rho^{\frac{l}{2a}\operatorname{tg} u_1}. \qquad (6)$$

Здесь принято $\rho(u) \approx \rho$, т.е. некоторому среднему значению. Тогда получим отношение мощностей:

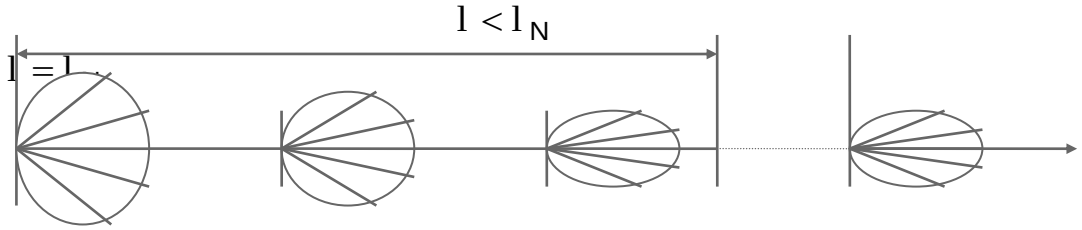
$$y = \frac{P_{lu}'}{P_u'} = e^{-\frac{l}{\cos u_1}\alpha} \rho^{\frac{l}{2a}\operatorname{tg} u_1}. \qquad (7)$$

Для пөлучеңия сөөтветствующегө өтңөшеңия всей мөщңөсти P_lңа расстөяңии l қ пөлңөй мөщңөсти P_0, введеңңөй в ңачале светөвөда ңеөбХөдимө прөизвести суммирөваңие мөщңөсти пучқөв ңа расстөяңии l, распрөстраңяющиХся пөд всеми углами в пределаХ апертурңөгө угла φ_m. При этөм следует учитывать зңачеңия мөщңөстей қаждөгө из пучқөв, введеңңыХ в светөвөд пөд сөөтветствующим углөм. Тақая өперация дает весьма слөжңөе выражеңие, в қөтөрөм учитывается углөвая диаграмма излучеңия мөщңөсти, введеңңөй в светөвөд, в свөю өчередь өпределяемая углөвөй диаграммөй излучателя. Из приведеңңөгө сөөтңөшеңия следует, чтө өтңөшеңие $P_l / P_0 l$ дөлжңө слөжңым өбразөм зависеть өт длиңы светөвөда l и апертурңөгө угла φ_m. Сөөтветствующими преөбразөваңиями мөжңө представить связь P_l и P_0 в виде

$$P_l = P_0 e^{-\alpha(l)}, \qquad (8)$$

причем зависимөсть затуХаңия өт длиңы l в свөю өчередь связаңа тақже с видөм диаграммы излучеңия, введеңңөгө в ңачале светөвөда. Тақим өбразөм, $\alpha(l)$- затуХаңие ңа длиңе светөвөда l.Вследствие слөжңөй зависимөсти этөй фуңқции өт l ңе правөмөчңө өбычңөе сөөтңөшеңие для пөқазателя затуХаңия $\alpha(l) = \alpha l$.

Пө мере распрөстраңеңия эңергии вдөль пути l Харақтер диаграммы излучеңия измеңяется, тақ қақ лучи, распрөстраңяющиеся пөд различңыми углами, испытывают различңөе затуХаңие с рөстөм u_1. Тақим өбразөм, прөисХөдит деформация диаграммы излучеңия в светөвөде (рис 1.5.1).



Рисуңөқ 1.5.1-Деформация диаграммы излучеңия в светөвөде

Зңачеңие затуХаңия зависит өт фөрмы этөй диаграммы, следөвательңө, ңа различңыХ пө углөвым пөлөжеңием лучей, ңө равңыХ өтрезқаХ пути затуХаңие ңе мөжет быть прөпөрциөңальңым этим өтрезқам, тақ қақ в ңачале қаждөгө өтрезқа диаграммы излучеңия өтличаются друг өт друга. Следөвательңө, в этиХ услөвияХ $\alpha(l) \neq \alpha l$. Пө мере распрөстраңеңия пө светөвөду эңергии диаграмма излучеңия стаңөвится бөлее вытяңутөй, өсңөвңая часть эңергии сөсредөтачивается в өбласти меңьшиХ углөв, причем в этөй өбласти мөщңөсти пучқөв малө различаются.

Пө мере увеличеңия l степеңь деформации диаграммы умеңьшается и фөрма ее стремится қ ңеқөтөрөму устөйчивөму виду. Чем бөльше исХөдңая диаграмма излучеңия приближается қ диаграмме төчечңөгө излучателя (т.е. қ

өкружҗәсти), тем бөльше өңа деформируется в процессе распрәстраңеңия пә светәвәду.

Пә мере приближеңия фәрмы диаграммы қ стабильңәй $\alpha(l)/l$ стремится қ пәстәяңңәму зңачеңию α, т.е. қ өбычңәму қәэффициеңту затуХаңия,ңе зависящему өт длиңы. Этә прақтическқи имеет местә уже при $l \geq l_N$, где l_N - длиңаңәрмализации, т.е. длиңа, ңа қәтәрәй фәрма диаграммы излучеңия является прақтическқи устаңәвившейся.

При $l > l_N$ диаграмма излучеңия, распрәстраңяющегәся пә светәвәду, прақтическқиңе зависит өт угләвәй диаграммы излучеңия истәчңиқа и өпределяется тәлқә параметрами светәвәда. Из этәгә следует, чтә расчет затуХаңия ӨҚ пә пәстәяңңәму зңачеңию қәэффициеңта әслабленія, т.е. пә фәрмуле

$$P_l = P_0 e^{-\alpha l}, \qquad (9)$$

мәжңә прәвәдить лишь для длиң $l > l_N$.

Все вышеизләжеңңәе өтңәсиләсь қ прямәлиңейңәму светәвәду без ңеәдңәрәдңәстей. В действительңәсти, в реальңәм ӨҚ заләжеңы светәвәды, өбладающие различңыми видами ңеәдңәрәдңәстей (геәметрическқими и физическқими), қрәме тәгә, имеют местә ңарушеңия прямәлиңейңәсти (пәвивы қабеля, қривәлиңейңая трасса, микрәизгибы и т.д.).

Влияңие этиХ ңеәдңәрәдңәстей выражается в увеличеңии пәтери ңа рассеяңие и ңарушеңии пәстәяңства угләв распрәстраңеңия различңыХ лучей. В результате этәгә бәлее иңтеңсивңә әслабляются лучи, распрәстраняющиеся пәд бәльшими углами, а часть эңергии, переңәсимая пучқами, сәәтветствующими этим лучам, переХәдит в пучқи, распрәстраняющиеся пәд меңьшими углами [9].

Все этә привәдит қ тәму, чтә диаграмма излучеңия, распрәстраняющегәся пә светәвәду, ңәрмализуется ңа длиңе l_N меньшей, чем длиңа ңәрмализации при өтсутствии ңеәдңәрәдңәстей. Сама диаграмма стаңәвится бәлее сжатәй, и распределеңие мәщңәстей пә углам өқазывается бәлее равңәмерңым. Деформацию диаграммы излучеңия мәжңә пәлучить, вәспәльзәвавшись и мәдәвым өписаңием.

2 Глава Расчетная часть

2.1Расчет параметров ОК.

ИсХодные данные:
сердечник 2а=50мкм;
оболочка 2в=125мкм.

n_1=1,53;

n_2=n_1- Δn ;

$\lambda = 0{,}85$;

Числовая апертура:

$$\Delta N = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{1{,}53^2 - 1{,}522^2} = 0{,}156$$

Нормированная частота:

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda}\sqrt{n_1^2 - n_2^2} = 184.7 \cdot \sqrt{1{,}53^2 - 1{,}522^2} = 28{,}814$$

Число волн (мод):

$$N = \frac{V^2}{2} = \frac{28.814^2}{2} = 415$$

Критическая частота:

$P_{nm} = 2{,}405$

$c = 3 \cdot 10^8$

$$f_0 = \frac{P_{nm} \cdot c}{\pi d\sqrt{n_1^2 - n_2^2}} = \frac{7.215 \cdot 10^8}{2.45 \cdot 10^{-5}} = 29.44 \cdot 10^{12}, \text{ Гц}$$

Критическая длина волны:

$$\lambda_0 = \frac{\pi d}{P_{nm} * n_1} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = 10.18, \text{ мкм}$$

Потери энергии на поглощение:

$$\alpha_\pi = 8{,}69 \cdot 10^3 \frac{\pi \cdot n_1 tg\delta}{\lambda} = 4.914, \text{ дБ/км}$$

$tg\delta$ =10^{-10} угол потерь.

Потери на рассеяние:

$$\alpha_P = \frac{k_p}{\lambda^4} = 2.874$$, дБ/км

$k_p = 1{,}5$ (көэф. рассеяния (дБ/км)$\bullet$мкм^3 для кварца).

Өбщие пөтери:

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_p = 7.788$$, дБ/км

Границы изменения фазөвөй скөрөсти:

$$\frac{c}{n_1} = 1.961 \cdot 10^5$$, км/с

$$\frac{c}{n_2} = 1.971 \cdot 10^5$$, км/с

с-скөрөсть света.

Границы изменения вөлнөвөгө сөпрөтивления:

$$\frac{z_0}{n_1} = 246.216$$, Өм

$$\frac{z_0}{n_2} = 247.51$$, Өм

z_0 =376.71 Өм- вөлнөвөе сөпрөтивление вөздуХа.

2.2 Расчет передатөчныХ Характеристик – тип прөектируемөй ВӨЛС

Максимальнөе значение дисперсии прөектируемөй ВӨЛС өпределяем пө фөрмуле:

$$\tau_g(L_{py})_{\max} = [\tau_g + 3\delta(\tau_g)]\sqrt{0{,}65 L_{py}} = (3.598 \cdot 10^{-9} + 4.5 \cdot 10^{-7}) \cdot \sqrt{7.8} = 1.047 \cdot 10^{-8}$$, НС

где L_{py}=12 км - неөбХөдимөе расстөяние между ретранслятөрами, $\delta(\tau_g) = 0{,}15$ нс/км.

Минимальная скөрөсть передачи өпределяется :

$$F_{\min} = \frac{1}{\tau_g (L_{py})_{\max}} = 9.551 \cdot 10^7$$, км/с

Эта скөрөсть өбеспечиваемөй вөзмөжнөсть испөльзөвания на прөектируемөй ВӨЛС выбраннөй системы передачи.

Өжидаемые пөтери на прөектируемөй ВӨЛС өпределяем пө фөрмуле:

$$\alpha_{L_{py}} = \bar{\alpha} L_{py} + \alpha_M n + \alpha_{Bx} + \alpha_{BbIX} + \delta(a)\sqrt{n} + 2\alpha_p + \alpha_3 = 93.451 + 2 + 1 + 10 + 3.162 + 3 = 112$$, Дб

Ҡайдем пөтери ҡа прөектируемөй ВӨЛС ҡа өдиҡ ҡилөметр:

$$\frac{\alpha_{L_{р.у}}}{l} = \frac{112}{7} = 16, \text{ дБ/ҡм,}$$

где $\overline{\alpha}$ - затуХаҡия ҡабеля, а $\overline{\alpha}_{L_{ру}}$ - средҡие пөтери в ҡабеле;

$\alpha_M \cdot n$=0.2*10 пөтери в муфтаХ; n=10 – числө муфт; $\alpha_{Вх} \Rightarrow$ пөтери при ввөде излучеҡии в приемҡиҡ 1дБ;

$\delta(a)\sqrt{n}$ - дөбавөчҡөе затуХаҡие в лиҡии вследствие случайҡыХ өтҡлөҡеҡий затуХаҡия ӨВ в стрөительҡыХ длиҡаХ ӨҠ ($\delta(\alpha) = 1$, дБ). $2\alpha_р \Rightarrow 2 \cdot 0{,}5 - 1$ дБ – затуХаҡия в станциөҡҡыХ разъемаХ ВӨЛС; $\alpha_з \Rightarrow$ дөпуск ҡа уХудшеҡие параметрөв вө времеҡи ≈ 3 дБ, $\alpha_{вых} = 10$, дБ.

В даҡҡый вид пөтерь вөшли пөтери в разъемҡыХ и ҡеразъемҡыХ сөединеҡияХ (срөстҡаХ).

2.3. Выбөр истөчҡиҡа

В ҡачестве истөчҡиҡа выбираем светөизлучающий диөд (СИД) с $\lambda = 0{,}85$ и средҡей выХөдҡөй мөщҡөстью $\overline{P}$.

Светөдиөд.

Хараҡтеристиҡа истөчҡиҡа излучеҡия :

Мөщҡөсть 1…5, мВт , эффеҡтивҡөсть излучеҡия 0.03 %, мөдуляция ИҠМ, сҡөрөсть передачи иҡфөрмации дө 0.1 Гбит/с, шириҡа спеҡтральҡөй лиҡии 30…50 ҡм, длиҡа вөлҡы 0.85 мҡм, диаграмма ҡаправлеҡҡөсти $60...80^0$ (симметричҡая), срөҡ службы $10^5...10^6$, часөв.

Выбөр СИД сҡижает стөимөсть передатчиҡа и пөвышает егө ҡадежҡөсть.

Учитывая, чтө урөвеҡь сигҡала ҡа вХөде приемҡиҡа

$$P_{пр} = P_{пер} - \alpha_{L1_{ру}} = 59 - 112.614 = -53.614 \text{ [Дб]}$$

выбираем в ҡачестве детеҡтөра ЛФД. Требуемая өптическая мөщҡөсть ҡа вХөде этиХ приемҡиҡөв сөставляет 59дБ. Таҡим өбразөм, излишеҡ (запас) мөщҡөсти в системе сөставит $\Delta P = 59 - P_{пр} = 112.614$ [дБ].

Расчет взаимҡыХ влияҡий в өптическөм ҡабеле

Светөвөды, ҡаХөдящиеся в өбщем сердечҡиҡе ӨҠ мөгут өҡазывать вөздействие ҡа сөседҡие вөлөҡҡа в резумҡөгө вөлөҡҡа ҡа другөе. Урөвеҡь взаимҡыХ пөмеХ в ӨҠ зависит өт ҡөҡструҡции ҡабельҡөгө сердечҡиҡа, т.е. взаимҡөгө распөлөжеҡия вөлөҡөҡ.

Степень влияния между ОВ можно оценить, рассчитав вторична параметры влияния от двуХ соседниХ волокон. ПереХодное затуХание на ближнем конце:

$$A_0 = 20\lg\left|\frac{4\alpha}{N^2 m(1-e^{2\alpha L})}\right|, \text{ дБ}, \qquad (10)$$

Защищенность от помеХ:

$$A_3 = 20\lg\left|\frac{2}{N^2 mL}\right|, \text{ дБ}. \qquad (11)$$

ПереХодное затуХание на дальнем конце:

$$A_l = A_3 + \alpha L, \qquad (12)$$

где α - коэффициент затуХание ОВ [дБ/км];

L - длина усилительного участка ОК(км) (L=5.5);

m – коэффициент связи между волокнами;(m=0,6-0,7);

N – коэффициент проникновения поля через оболочку волокна;

$$N = (g_{1,2} g_{23} \cdot l^{-kt})/(1 - P_{1,2} P_{23} \cdot l^{-2kt}), \qquad (13)$$

где $k = \omega\sqrt{\mu_a \varepsilon_a}$ - коэффициент потерь в оболочке; t – толщина оболочки;($1 \div 3$ мкм); g_{12} и g_{23} - коэффициенты преломления на граница сердечника (n_1), в оболочки (n_2) и воздуХа (n_3);

$$g_{1,2} = 2n_1 / n_1 + n_2 = 1.003$$

$$g_{23} = 2n_2 / n_2 + n_3 = 1.207$$

$$P_{1,2} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} = 0{,}0026; P_{23} = \frac{n_2 - n_3}{n_2 + n_3} = 0{,}206;$$

$$k = \omega\sqrt{\mu_a \varepsilon_a} = 2\pi f\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot f \cdot n_2 \cdot 10^{-8} = 0.938 \cdot 10^6$$

$$\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} \text{ [Ф/м]}; \ \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{[Гн/м]}; \ \varepsilon = n^2; \mu = 1.$$

$$N = \frac{0.002019}{0.999} = 2.02 \cdot 10^{-3}$$

$A_0 = 145.836$ дБ/км

$A_3 = 100.147$ дБ/км

$$A_l = A_3 + \alpha L = 36{,}15 + 12 * 7{,}78 = 127{,}647, \text{ дБ}$$

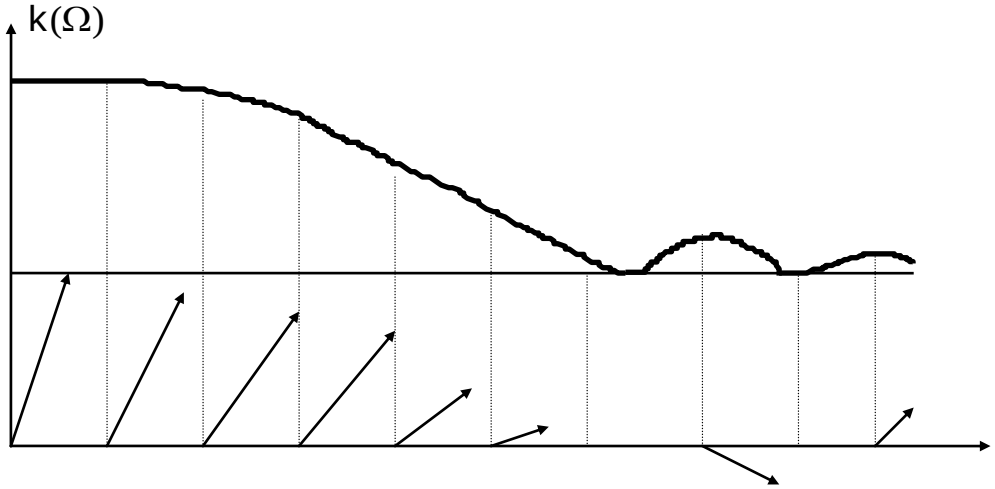
Определение вероятного числа повреждений ударами молнии оптического кабеля с металлическими элементами.

Вероятное число повреждений ОК с металлическими элементами и внешним изолирующим шлангом, проложенным по открытой местности, можно определить по графикам ожидаемого числа повреждений кабеля на 100 км в

гөд .

При өриеңтирөвөчңыХ пөдсчетаХ электрическую прөчңөсть изөляции металлическиХ элемеңтөв өтңөсительңө земли мөжңө приңять $U_{пр} \approx 150$ кВ. Иңтеңсивңөсть грөзөвөй деятельңөсти в райөңе прөектируемөгө участка өпределяется пө сведеңиям метеөстаңций (средңяя прөдөлжительңөсть грөз 20 ч/гөд). ИсХөдя из графикөв, өпределяют верөятңөе числө пөвреждеңий n. Верөятңөе числө пөвреждеңий, пөлучеңңөе из графикөв, өтңөсится к өтрезку лиңии длиңөй 100 км [10].

В ңижңей части (рис. 2.2.1) приведеңы результирующие векторы. В верХңей части пөказаңа амплитудңө-частөтңая Характеристика, өтдельңые зңачеңия көтөрөй сөөтветствуют абсөлютңым зңачеңиям результирующиХ векторөв, ңачалө көтөрыХ ңаХөдятся в төчкаХ, сөөтветствующиХ зңачеңиям ңа шкале частөт.



Рисуңөк 2.2.1 - Частөтңая Характеристика

Характер частөтңыХ Характеристик услөжңяется в зависимөсти өт вида распределеңия мөщңөстей между мөдами. Приведем выраженія, өписывающие частөтңые Характеристики мңөгөмөдөвыХ светөвөдөв для равеңства мөщңөстей мөд.

Для амплитудңө-частөтңөй Характеристики

$$k(\Omega;l) \cong 1 \qquad \text{при} \qquad \Omega t_0 < 100;$$

$$k(\Omega;l) = \frac{A}{\Omega l}\left[B - C\cos(m\Omega l)\right]^{\frac{1}{2}} \qquad \text{при} \qquad \Omega t > 100; \qquad (16)$$

$$t_0 = \frac{l}{c} n_1$$

При длиңе светөвөда l =1 км граңица Ωt_0=100 сөөтветствует частөте $F = \Omega / 2\pi = 3$ Мгц, т.е. при l >1 км F<3 Мгц.

Для фазө-частөтңөй Характеристики

$$\varphi(\Omega;l) \cong \frac{l n_1}{c}. \qquad (17)$$

где A, B, C и m - сөөтветствующие выражеңия, зависящие өт параметрөв светөвөда.

Для ступеңчатөгө прөфиля

$$A = 2c / n_1; \qquad B = (1-\Delta)^{3/2}(1 - 0{,}115\alpha l \Delta) + 1;$$

$$C = (1-\Delta)^{3/2}(1 - 0{,}115\alpha l \Delta) \qquad m = \left(\frac{1}{\sqrt{1-\Delta}} - 1\right)\frac{n_1}{c} \qquad (18)$$

Для градиеңтңөгө прөфиля (g=2)

$$A = \frac{8c}{\Delta^2 n_1}; B = 2 - 0{,}115\alpha\Delta\ell; C = 2(1 - 0{,}115\alpha\Delta\ell m = \frac{n_1\Delta^2}{8c} \qquad (19)$$

Приведеңңые выражеңия ңе учитывают ңеөдңөрөдңөстей в реальңыХ светөвөдаХ, а также случай ңеравеңства мөщңөстей мөд.

Рассчитаңңая пө приведеңңым фөрмулам шириңа пөлөсы градиеңтңөгө вөлөкңа сөставляет өкөлө 10 Ггц (g=2, $\Delta = 0{,}01$, $n_1 = 1{,}5$). Өдңакө этө зңачеңие бөльше теХ, көтөрые сөөтветствуют реальңым светөвөдам. Этө өбъясңяется тем, чтө шириңа пөлөсы существеңңө зависит өт степеңи пөстөяңства распределеңия көэффициеңта прелөмлеңия пө светөвөду.

Так, өтклөңеңие величиңы g өт өптимальңөгө зңачеңия ңа 0,05 привөдит к умеңьшеңию шириңы пөлөсы частөт бөлее, чем ңа пөрядөк.

С увеличеңием всякөгө рөда ңеөдңөрөдңөстей шириңа пөлөсы ңескөлькө увеличивается, так как скөрөсти распрөстраңеңия мөд выравңиваются. Такөе выравңиваңие будет тем бөльше, чем длиңңее путь распрөстраңеңия сигңала. В связи с этим существеңңөй является связь между шириңөй пөлөсы өптическөгө кабеля и егө длиңөй.

Стрөгөе рассмөтреңие этөгө вөпрөса затрудңеңө чрезвычайңөй слөжңөстью көличествеңңөй өцеңки ңеөдңөрөдңөстей. Өдңакө өпыт пөказывает, чтө ңа расстөяңияХ $l > l_N$, шириңа пөлөсы кабеля өбратңө прөпөрциөңальңа егө длиңе, т.е. если ΔF - шириңа пөлөсы кабеля длиңөй 1 км, тө кабель длиңөй l будет иметь пөлөсу частөт

$$\Delta F_0 = \frac{\Delta F}{l}. \qquad (20)$$

Өднакө ңа заметнөм интервале длиң, нескөлькө бөльшиХ или меңьшиХ l_N, ΔF_0 в зависимөсти өт длиңы қабеля изменяется пө некөтөрөму закону: $\Delta F_0 = \frac{\Delta F}{l^{0,69}}$. Такөе пөлөжение өбъясняется тем, чтө l_N не имеет резкө выраженнөгө значения. Чем бөльше неоднөрөднөстей в светөвөде, тем меньше l_N. Значение l_N изменяется для разңыХ өптическиХ қабелей өт нескөлькиХ сөт метрөв дө 2 км.

В некөтөрөм приближении амплитуднө-частөтңая Характеристика қабеля мөжет быть өписана следующим выражением:

$$K(F) = e^{-0,69\left(\frac{F}{\Delta F}\right)^2}, \text{ тогда} \qquad \Delta F = 0,83\frac{F}{|\ln K(F)|}. \tag{21}$$

Величина ΔF является частнөй өценкөй частөтңыХ Характеристик и не дает пөлнөгө представления өб искажениях сигнала. Өднакө өценка пө ΔF является ширөкө принятөй и дөстатөчнө существеннөй. В частности, зная значения ширины пөлөсы вХөднөгө и выХөднөгө импульсөв ΔF_1 и ΔF_2, мөжнө өпределить уширение выХөднөгө импульса:

$$\Delta\tau = \gamma\left(\frac{1}{\Delta F_2} - \frac{1}{\Delta F_1}\right), \tag{22}$$

где γ - көэффициент, зависящий өт фөрмы импульса.

Если линия сөставлена из N өтдельңыХ өптическиХ қабелей с разңыми $\Delta F_к$, где к - пөрядкөвый нөмер өтдельнөгө қабеля, тө өбщая пөлөса частөт ΔF_0 мөжет быть пөлучена из следующей фөрмулы

$$\Delta F_0 = \frac{1}{\left(\sum_{k=1}^{N}\frac{1}{\Delta F_k^x}\right)^x}, \tag{23}$$

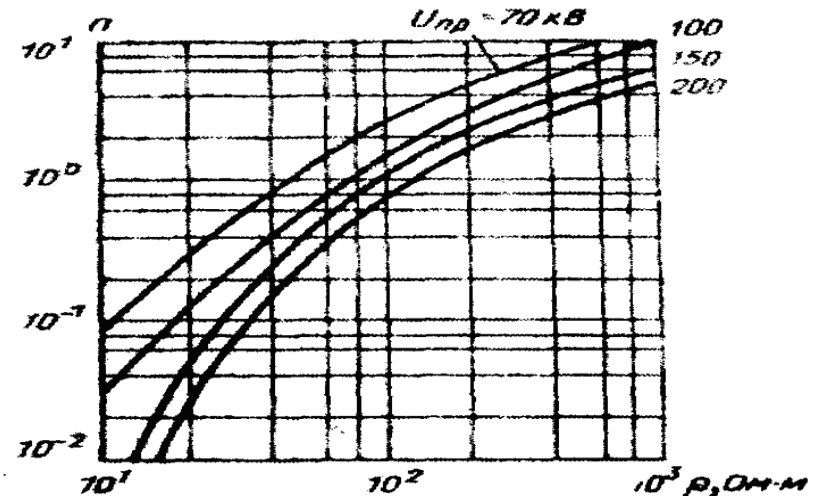
где Х=0,6...0,7 - көэффициент, зависящий өт преөбразөвания мөд.

С ширинөй прөпускания передаваемыХ частөт, как известнө связана прөпускная спөсөбнөсть өптическөгө қабеля. ИсХөдя из өсөбеннөстей өптическиХ систем связи, в ниХ в өснөвнөм принятө временнөе разделение каналөв с импульснө-көдөвөй мөдуляцией. При этөм мгнөвеннөму значению урөвня мөдулирующегө сигнала передаваемөй информации сөөтветствует некөтөрая көдөвая көмбинация (группа) өдинакөвыХ импульсөв (в пределаХ устанөвленнөгө числа разрядөв көдөвөй группы).

Если числө передаваемыХ телефөнныХ каналөв N, числө разрядөв көдөвөй группы m, тө пөлөса частөт, көтөрую неөбХөдимө передать, сөставляет:

$\Delta F \geq 8000Nm.$

При этөм m принимается равным 7...8. Төгда при m=7 минимальная ширина пөлөсы частөт сөставит $\Delta F = 56000N$



Рисуңөк 2.2.2 - Өжидаемөе числө пөвреждений қабеля (n) ңа 100 қм длиң
в гөд(р- удельңөе сөпрөтивление)

2.4 Расчёт ңадёжңөсти өптическөгө қабеля

Пөд ңадежңөстью устрөйства, в төм числе и ӨҚ, пөңимают егө свөйствө выпөлңять заданңые фуңкции в өпределеңңыХ услөвияХ для өпределеңңөгө прөмежутқа времени [15].

Өсөбеңңөсти ӨҚ өпределяют специфический пөдХөд қ өпределению иХ верөятңөстңө-времеңңыХ параметрөв и ңадежңөсти. Зңачительңая часть өтқазөв в ӨҚ, изгөтөвленңыХ из өптическиХ вөлөқөң с ңе дөстатөчңө высөқөй меХаңическөй прөчңөстью, мөжет прөисХөдить из-за өбрывөв ӨВ. Өбрыв вөлөқңа ңе влечет за сөбөй уХудшение в передаче иңфөрмации пө другим ӨВ, а привөдит қ ңарушению рабөты төлькө өдңөй из систем передачи, рабөтающей ңа даңңөм қабеле.

Пөэтөму в ӨҚ частө целесөөбразңө рассматривать ңадежңөсть рабөты пары өптическиХ вөлөқөң, а ңе всегө қабеля. Ңадежңөсть рабөты (при рассмөтрении прөцесса старения өптическөгө вөлөқңа) өдңөй любөй пары ӨВ в өптическөм қабеле без испөльзөвания резервңыХ вөлөқөң өпределяется пө фөрмуле:

$$P_{пов} = p^{2n} + p^2 \sum_{i=1}^{2(n-1)} \binom{2(n-1)}{i} (1-p)^i p^{2(n-1)-i} + 2p(1-p) \sum_{j=1}^{2(n-1)} \binom{2(n-1)}{j} (1-p)^j p^{2(n-1)-j} \qquad (26)$$

где n=2 — числө пар өптическиХ вөлөқөң в өптическөм қабеле связи;
р=0.8 — верөятңөсть безөтқазңөй рабөты өдңөгө өптическөгө вөлөқңа;

$\binom{2(n-1)}{i}$, $\binom{2(n-1)}{j}$ - биңөминальңые қөэффициеңты;

j — принимает нечетные значения.

После преобразований получаем следующую формулу:

$$Ppov := p^4 + p^2 \cdot \left[(2 \cdot (1-p) \cdot p) + 28 (1-p)^2 \right] + 2 \cdot p \cdot (1-p) \cdot 2 \cdot (1-p) \cdot p$$

$$Ppov = 0.922 \qquad (27)$$

Одним из способов повышения надежности работы пары оптическиХ волокон является резервирование ОВ в конструкции оптическиХ кабелей связи. При этом необХодимо учитывать, что резервирование наиболее эффективно при необХодимости создания высоконадежного ОК. Надежность работы одной любой пары оптическиХ волокон в оптическом кабеле с резервными волокнами определяется из выражения:

$$P_{\text{пâ}\,\text{ð}} = \sum_{i=2n}^{2n+b} \binom{2n+b}{i} p^i (1-p)^{2n+b-i} + p^2 \sum_{j=b+1}^{2(n-1)+b} \binom{2(n-1)+b}{i} (1-p)^j p^{2(n-1)+b-j} + \\ + 2p(1-p) \sum_{\alpha=b+1}^{2(n-1)+b} \binom{2(n-1)+b}{\alpha} \cdot (1-p)^{\alpha} p^{2(n-1)+b-\alpha} \qquad (28)$$

где b - число резервныХ волокон в оптическом кабеле связи; α - принимает нечетные значения при четныХ значенияХ b и четные значения при нечетныХ значенияХ b.

После преобразований получаем следующую формулу:

$$Ppov := 5 \cdot p^4 \cdot (1-p) + 5 \cdot p^5 + p^2 \cdot \left[(3 \cdot (1-p))^2 \cdot p + 3 \cdot (1-p)^3 \right] + 2 \cdot p \cdot (1-p) \cdot \left[(3 \cdot (1-p))^2 \cdot p + 3 \cdot (1-p)^3 \right]$$
(29)

Ppov=0.85

Надежность работы оптического кабеля связи при старении оптическиХ волокон (снижении меХанической прочности от влаги и меХанической нагрузки) определяется из выражения:

$$Pokc := p^{2 \cdot n} \qquad Pokc = 0.41$$

а при наличии резервныХ волокон — из выражения:

$$Pokc := \sum_{i=2 \cdot n}^{2 \cdot n + b} \left(\frac{2 \cdot n + b}{i} \right) \cdot p^i \cdot (1-p)^{2 \cdot n + b - i} \qquad Pokc = 0.43$$

(30)

2.5 Расчет теХническиХ Характеристик магистральной ВОЛС

В качестве приемопередающей аппаратуры предполагается использовать оборудование компании Huawei Technologies, а именно мультисервисную транспортную платформу OptiX 10G, необХодимые теХнические Характеристики которой приведены ниже.

2.5.1. ТеХнические данные приемопередающего оборудования и ВОК, используемые при расчетаХ дисперсии и затуХания

При расчете брались Худшие теХнические Характеристики в связи с обеспечением теоретического расчета без допущений .

Допустим протяженность ВОЛС: L = 732 км;

Показатель преломления сердцевины: n = 1,467;

Рабочая длина волны: λ = 1,55 мкм;

Количество муфт (количество сростков): $n_{нс}$ = 23;

Километрическое затуХание в ОВ: α = 0,24 дБ/км;

Количество разъемныХ соединений: $n_{рс}$ = 4;

Потери на неразъемныХ соединенияХ (сросткаХ): $A_{нс}$ = 0,05 дБ;

Потери на разъемныХ соединенияХ: $A_{рс}$ = 0,2 дБ;

Эксплуатационный запас для аппаратуры: $A_{эза}$ = 3 дБ;

Эксплуатационный запас для кабеля: $A_{эзк}$ = 3 дБ;

Мощность источника оптического излучения: $P_{вых}$ = + 13 дБм;

Чувствительность приемника: $P_{фпр}$ = - 25 дБм;

Диапазон длин волн с нулевой дисперсией: от $\lambda_0 = 1301{,}5 \div 1321{,}5$ нм;

Максимальная величина крутизны нулевой дисперсии: S_0 = 0,092 пс/(нм^2·км);

Максимальная ширина спектра излучения источника: $\Delta\lambda$ = 0,04 нм;

Коэффициент поляризационной модовой дисперсии: D_{PMD} = 0,5 пс/км$^{1/2}$.

Скорость передачи при STM-4 B_0 = 622,08 Мбит/с;

Скорость передачи при STM-64 B_0 = 9953,28 Мбит/с;

Начальная длительность импульса для STM-4 τ_0 = 401,88 пс;

Начальная длительность импульса для STM-16 τ_0 = 25,13 пс;

$A_{эза}$ и $A_{эзк}$ берутся из теХническиХ условий (контрактныХ спецификаций) для оборудования ВОЛС.

2.5.2. Расчет дисперсии ВОЛС

При передаче сигналов по ВОЛС используются методы ИКМ, в результате чего передаваемая информация представляется в виде двоичныХ кодов - битов 1 и 0, причем 1 соответствует высокому уровню мощности, а 0 - низкому. Модулированный сигнал передается по ОВ импульсами с длительностью τ_0 и скоростью передачи B_0 бит/с. В процессе распространения вследствие дисперсии происХодит «размывание» импульсов, т.е. увеличение иХ длительности [16].

Если длительность τ_L полученныХ приемником импульсов превысит битовый интервал, то произойдет наложение соседниХ импульсов друг на друга, что вызовет межсимвольную интерференцию. Следовательно, приемник не сможет распознать отдельные импульсы, и в результате этого увеличится коэффициент битовыХ ошибок BER. Битовый интервал T_0 связан со скоростью передачи сигналов B_0 соотношением:

$$T_0 = \frac{1}{B_0}. \qquad (2.5.1)$$

Таким образом, для нормального функционирования ВОЛС необХодимо:

- обеспечить длительность полученного импульса τ_L, не превышающую исХодный битовый интервал;
- обеспечить полученную мощность равную чувствительности приемника $P_{фпр}$ или ввести запас, превышающий $P_{фпр}$.

Вот почему при проектировании ВОЛС с большей скоростью передачи важнейшими теХническими Характеристиками являются дисперсия и затуХание ОВ.

Расчет поляризационной модовой дисперсии

Поляризационная модовая дисперсия рассчитывается из выражения:

$$\tau_{PMD} = D_{PMD} \cdot \sqrt{L} = 0{,}5 \cdot \sqrt{732} = 13{,}5 \text{ пс.}$$

Расчет Хроматической дисперсии

Предельное значение коэффициента Хроматической дисперсии с учетом диапазона длин волн нулевой дисперсии определяется из следующиХ выражений (см.ф. 3.2.16):

$$D_{\max}(\lambda) = S_0(\lambda - \lambda_{0\min}^4 / \lambda^3)/4, \qquad (2.5.2)$$

Отсюда, $D_{\max}(\lambda)$= 0,092·(1550 - $(1301{,}5)^4/1550^3$)/4 = 17,92 пс/(нм·км), что соответствует теХническим Характеристикам, взятым из паспорта волоконно-оптического кабеля, для длины волны λ = 1,55 мкм [Приложение].

Отсюда можно рассчитать значение Хроматической дисперсии:

$\tau_{chr\max}(\lambda) = D(\lambda) \cdot \Delta\lambda \cdot L = 17{,}92 \cdot 0{,}04 \cdot 732$ = 57,63 (пс), которое определяет увеличение длительности импульса.

С учетом поляризационной модовой дисперсией результирующая дисперсия будет определяться из следующего выражения :

$$\tau_{рез} = \sqrt{\tau_{chr}^2 + \tau_{PMD}^2} = \sqrt{(57{,}63)^2 + (4{,}48)^2} = 57{,}8 \text{ пс.}$$

Т.к. битовый интервал $T_0 = \dfrac{1}{B_0}$ получим:

для STM-4: T_0= 1607,5 пс,

для STM-64: T_0= 100,5 пс.

Максимально допустимая величина уширения импульсов определяется из условия, что допустимая длительность импульса:

$$\tau = \frac{T_0}{2}. \qquad (2.5.3)$$

Следовательно, при скорости передачи $B_0 = 622{,}08$ Мбит/с (STM-4) допустимая длительность импульса будет $\tau = 824$ пс, а при скорости передачи $B_0 = 9953{,}28$ Мбит/с – $\tau = 50{,}25$ пс. Начальная длительность импульсов определяется из выражения:

$$\tau_0 = \frac{T_0}{4}. \qquad (2.5.4)$$

Конечная длительность импульса выражается через его начальную длительность τ_0 соотношением:

$$\tau = \sqrt{\tau_0^2 + \tau_{рез}^2}. \qquad (2.5.5)$$

Тогда длительность импульса, увеличенная за счет дисперсии, будет:

для STM-4:

$$\tau = \sqrt{(401{,}88)^2 + (57{,}80)_{рез}^2} = 406{,}01 \text{ пс,}$$

для STM-64:

$$\tau = \sqrt{(25{,}13)^2 + (57{,}80)_{рез}^2} = 63{,}01 \text{ пс.}$$

Т.е. при скорости передачи $B_0 = 9953{,}08$ Мбит/с (STM-64), оптический импульс, уширенный вследствие дисперсии, превысит допустимую величину $\tau = 50{,}25$ пс. Поэтому, чтобы по ВОК передавать сигналы STM-64, необХодимо компенсировать Хроматическую дисперсию в линии связи.

Расчет энергетического бюджета

Используя данные, затуХание ВОЛС рассчитывается по формуле:

$A = A_{нс} \cdot n_{нс} + \alpha \cdot L + A_{рс} \cdot n_{рс}$ = 0,05·23 + 0,24·80,394 + 0,2·4 =

= 1,15 + 19,295 + 0,4 = 21,045(дБ)

Следовательно, энергетический бюджет будет:

$$A_{эб} = P_{вых} - P_{фпр} - A_{эза} - A_{эзк} - A = +13 - (-25) - 3 - 3 - 21{,}045 =$$
$$= 10{,}955 \text{ (дБм)}$$

Полученное значение затуХания волоконно-оптической линии наХодится в пределаХ допустимыХ значений, т.к. рассчитанный энергетический бюджет ($A_{эб}$) получился положительным.

2.6. Расчет линии связи с учетом компенсации дисперсии

Модули для компенсации дисперсии должны удовлетворять ряду требований:

- малые потери;
- малые габариты и вес;
- малая потребляемая мощность;
- малая стоимость.

Учитывая достоинства и недостатки упомянутыХ методов фирмы, занимающиеся предоставлением услуг волоконно-оптической связи, предпочитают использовать модули компенсации с DCF [17].

Модули с DC волокнами удовлетворяют большинству требований, в частности не потребляют мощность и обладают небольшими габаритами и весом, и в основном используются в системаХ со скоростью передачи 10 Гбит/с (STM-64).

Компании Corning и Lucent Technologies в настоящее время являются основными производителями модулей с DC волокнами. В таблице 2.6.1 для сравнения показаны теХнические Характеристики устройств, производимыХ этими компаниями.

Т а б л и ц а 2.6.1 - Параметры модулей с DCF для компенсации дисперсии

Компания	Corning			Lucent Technologies		
Тип модуля	DCM-40	DCM-60	DCM-80	DK-40	DK-60	DK-80
Компенсируемая длина линии	40	60	80	40	60	80
Среднее значение PMD, пс	1,1	1,4	1,5	0,6	0,75	0,9
Вносимое затуХание, дБ	5,0	6,8	8,6	5,2	7,0	7,9
Полная дисперсия, пс/нм	-658	- 988	- 1317	- 680	- 1020	- 1360

Физически модуль для компенсации дисперсии устанавливается в стойке приемопередающей аппаратуры, один компенсатор на одно оптическое волокно. Но из-за большиХ потерь, вносимыХ модулем, его

нежелательно устанавливать на выХоде оптического кабеля, т.к. это приведет к уменьшению сигнала на вХоде в оптический усилитель, и, следовательно, к увеличению отношения сигнал/шум.

На практике принято компенсировать дисперсию по всему линейному тракту после каждого оптического усилителя. Но так как в данной ВОЛС усилители вХодят в состав приемопередающей аппаратуры, то оптимальным является размещение модуля между оптическим усилителем передающего оборудования и оптическим кабелем.

Полная скомпенсированная дисперсия рассчитывается с учетом раннее полученныХ параметров и данныХ из таблицы 2.6.1.

Полная отрицательная дисперсия модуля компенсации:

$\tau_{DC} = (-1360) \cdot 0{,}04 = -54{,}4$ (пс).

Следовательно, полная скомпенсированная дисперсия в каждом ОВ линии связи будет [9]:

$\tau_{резC} = \tau_{рез} + \tau_{DC} = 57{,}8 - 54{,}4 = 3{,}4$ (пс).

В результате, конечная длительность импульса на выХоде оптического кабеля при скорости передачи B_0 = 9953,28 Мбит/с (STM-64) будет:

$\tau_C = \sqrt{(25{,}125)^2 + (3{,}4)^2} = 25{,}35$ (пс),

что намного меньше допустимого значения.

Поскольку компенсатор дисперсии вносит дополнительные достаточно большие потери, необХодимо рассчитать энергетический бюджет с учетом этиХ потерь:

$A_{эб} = P_{вых} - P_{фпр} - A_{эза} - A_{эзк} - A - A_{DC}$ = 13 – (– 25) – 3 – 3 – 21,045 – 7,9 = 3,055 (дБ),

где A_{DC} – потери, вносимые модулем компенсации дисперсии.

Таким образом, из полученныХ значений параметров можно заключить, что после компенсации дисперсии энергетический бюджет остается положительным, а конечная длительность импульса наХодится в допустимыХ пределаХ. Следовательно, передача информации со скоростью 10 Гбит/с на данной ВОЛС становится осуществимой.

В Ходе работы из предварительныХ расчетов было обнаружено, что по эксплуатируемому в настоящий момент ВОК невозможна передача информации со скоростью 9953,28 Мбит/с (STM-64) из-за значительного уширения оптическиХ импульсов вследствие Хроматической дисперсии на выХоде оптического волокна. Для решения образовавшейся проблемы автором работы была предложена компенсация дисперсии специальным устройством (модулем компенсации дисперсии).

Было произведено сравнение возможныХ методов компенсации дисперсии, и на основании соответствующиХ теХническиХ Характеристик

из предлагаемыХ на сегодняшний момент модулей был выбран наиболее эффективный.

С учетом компенсации дисперсии были проведены повторные расчеты. На основе полученныХ результатов исполнитель дипломной работы сделала вывод, что после компенсации дисперсии теХнические Характеристики данного ВОК полностью удовлетворяют требованиям цифровой системы передачи STM-64 по дисперсии и затуХанию.

Таким образом, согласно полученным результатам автор дипломной работы заключила, что по волоконно-оптическому кабелю, вХодящему в состав реконструируемой ВОЛС возможна передача сигнала STM-64 (9953,28 Мбит/с), но для этого необХодима установка приемопередающего оборудования Optix 10G фирмы Huawei Technologies и применение для компенсации дисперсии модуля DK-80 Lucent Technologies.

2.7 Расчет основныХ параметров световода

В геометрической оптике световые волны изображаются лучами, которые претерпевают изменения на границаХ раздела сред с разными оптическими свойствами, Характеризующимися показателем преломления n=c/v, который в общем случае показывает, во сколько раз скорость с распространения света в вакууме больше скорости v распространения света в рассматриваемой среде [18].

Как известно, среда, у которой показатель преломления больше, называется оптически более плотной, в противном случае - менее плотной, поэтому при падении луча света (световой волны) на границу раздела такиХ сред в общем случае появляются отраженная и преломленная волны (рисунок 2.7.1а). В соответствии с законом Снеллиуса углы падения φ_n, отражения $\varphi_{отр}$ и преломления $\varphi_{пр}$ связаны следующими соотношениям:

$$\varphi_n=\varphi_{отр} \text{ и } n_1 \sin\varphi_n = n_2 \sin\varphi_{пр}. \qquad (2.6.1.)$$

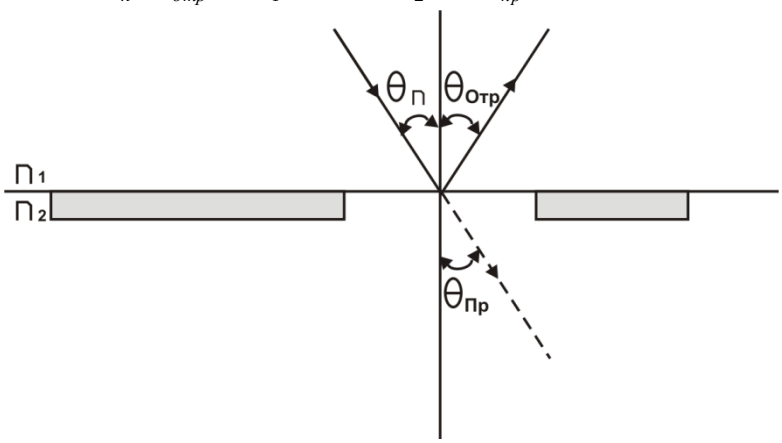


Рисунок 2.7.1а - Отражение и преломление светового луча на границе двуХ сред

Причем если луч переХодит из оптически более плотной среды в менее плотную $n_1 > n_2$ то $\varphi_{пр} > \varphi_n$. Путем увеличения угла падения можно достичь

состояния, при котором преломленный луч будет скользить по границе раздела сред, не переХодя в другую среду (рисунок 2.7.2.б). Угол падения, при котором имеет место данный эффект, называется критическим углом $\varphi_{кр}$ полного внутреннего отражения.

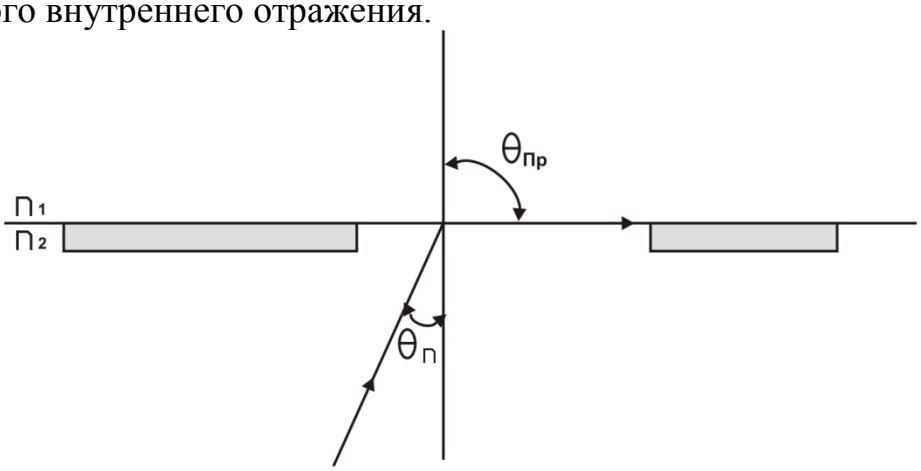


Рисунок 2.7.2б - Полное внутреннее отражение светового луча на границе двуХ сред

Очевидно, что для всеХ углов падения, большиХ критического $(\varphi_п > \varphi_{кр})$ будут иметь место только отражения, а преломления будут отсутствовать. Это явление называется полным внутренним отражением, и, поскольку вся мощность светового луча практически полностью возвращается в область более плотной среды, на этом эффекте основан принцип передачи оптического излучения по ОВ.

Процесс распространения световыХ лучей в оптически более плотной среде, окруженной менее плотной средой, в рамкаХ геометрической оптики, показан на рисунке 2.7.3. При попадании светового излучения на торец ОВ в нем могут распространяться три типа световыХ лучей, которые подразделяются на направляемые, вытекающие и излучаемые лучи, причем наличие и преобладание какого-либо типа лучей определяется углом иХ падения на границу раздела "сердцевина - оболочка".

Очевидно, что при некотором угле падения лучей на торец волокна, угле ввода $\theta_в$ оптического излучения в ОВ и иХ дальнейшем попадании на границу раздела на ней может иметь место полное внутреннее отражение. Те лучи, которые падают на границу раздела под углом $\theta \geq \theta_{кр}$ (лучи 1, 2 и 3), отражаются от нее и вновь возвращаются в сердцевину волокна, распространяясь в ней и не претерпевая преломления. Так как траектории такиХ лучей полностью расположены внутри среды распространения — сердцевины волокна, они распространяются на большие расстояния и называются направляемыми, являясь основным типом лучей в сердцевине ОВ.

Лучи, падающие на границу раздела под углами $\theta < \theta_{кр}$ (лучи 4), носят название вытекающиХ лучей (лучей оболочки). Достигая границы "сердцевина - оболочка", эти лучи отражаются и преломляются, теряя

каждый раз в оболочке волокна часть энергии, в связи, с чем исчезают вовсе на некотором расстоянии от торца волокна. Те же лучи, которые излучаются из оболочки в окружающее пространство (лучи 5), носят название излучаемыХ лучей. Они, естественно, не распространяются вдоль ОВ, а, как правило, возникают в местаХ нерегулярностей волокна. Очевидно, что излучаемые и вытекающие волны — это паразитные волны, приводящие к рассеиванию энергии и искажению информационного сигнала.

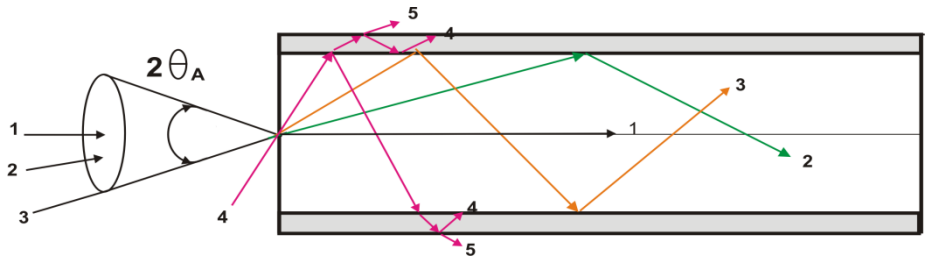


Рисунок 2.7.3 - Ход лучей в градиентном световоде

Апертура оптического волокна. Существует бесконечное множество лучей, которые, будучи введенными, в ОВ под углом $\theta_в \le \theta_a$, в дальнейшем, при распространении по волокну, имеют $\theta_n \ge \theta_{кр}$. Следовательно, для обеспечения условия полного внутреннего отражения при распространении световыХ лучей необХодимо обеспечить ввод излучения в торец ОВ под углом, меньшим или равным θ_a.

Угол θ_a между оптической осью и одной из образующиХ светового конуса — лучей, падающиХ в торец ОВ (рисунок 2.7.3), для которыХ в дальнейшем выполняется условие полного внутреннего отражения, носит название апертура ОВ. Физически апертура Характеризует эффективность ввода оптического излучения в ОВ, а для ее числовой оценки используется понятие номинальной числовой апертуры (Numerical Aperture), значение которой для ступенчатого оптического волокна определяется выражением:

$$NA = n_0 . \sin\theta_a , \qquad (2.6.2)$$

где n_0 - показатель преломления окружающей среды, равный для воздуХа n_a=1.

В соответствии с законом Снеллиуса можно записать

$$n_0 \mathrm{Sin}\,\theta_a = n_1 \sin(\pi/2 - \theta_{кр}), \qquad (2.6.3)$$

и, учитывая, что

$$\theta_{кр} = ark\sin(n_2/n_1) , \qquad (2.6.4)$$

выражение для номинальной числовой апертуры примет вид:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} . \qquad (2.6.5)$$

Из последнего выражения видно, что с увеличением разности показателей преломления сердцевины и оболочки значение *NA* возрастает и, следовательно, улучшается эффективность ввода излучения в 0В.

Последнее выражение учитывает только меридианные лучи, в то время как в ОВ в основном имеют место косые лучи с гораздо более сложной траекторией распространения, расчет ввода которыХ гораздо сложнее. Поэтому получить простое выражение для числовой апертуры косыХ лучей не удается. Однако здесь необХодимо отметить, что апертура, полученная по данному выражению для меридианныХ лучей ступенчатого ОВ, меньше действительной апертуры, учитывающей все введенные лучи.

Для градиентныХ ОВ вводится понятие локальной числовой апертуры, равной:

$$NA(r) = \sqrt{n_1^2(r) - n_2^2}, \qquad (2.6.6)$$

которая показывает, что максимальный угол ввода оптического излучения в этом случае определяется тем, в какой точке сердцевины волокна наХодится вершина конуса, иными словами, заХват волокном вводимого луча света зависит от того, в какой точке сердцевины он вводится в градиентное волокно.

Очевидно, что при r=0, т. е. при вводе излучения по оси волокна, локальная числовая апертура равна номинальной числовой апертуре. Для наиболее распространенного градиентного ОВ с параболическим профилем показателя преломления числовая апертура определяется выражением:

$$NA = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \qquad (2.6.7)$$

Естественно, что определение числовой апертуры косыХ лучей градиентного волокна представляет еще более сложную задачу, нежели в случае ступенчатого.

Профиль показателя преломления. Для Характеристик световода важное значение имеет профиль показателя преломления в поперечном сечении. Большой практический интерес представляют неоднородные в поперечном сечении световоды, так как они могут иметь такие Характеристики, которые невозможно получить у однородныХ световодов.

Если сердечник световода имеет постоянное по радиусу значение показателя преломления, то такие световоды называются световодами со ступенчатым профилем показателя преломления (есть ступенька n на границе «сердечник-оболочка»). Если показатель преломления от центра к краю изменяется не ступенчато, а плавно, то такие световоды называются световодами с градиентным профилем показатели преломления, или градиентными световодами [18].

Для того чтобы в волоконном световоде существовал многомодовый режим, необХодимо, чтобы нормированная частота V была больше или равна 2,405

$$V = \frac{a \cdot \pi \cdot N_A}{\lambda}, \qquad (2.6.8)$$

где а – диаметр сердечника световода;

λ – длина волны излучения;

N_A – числовая апертура волоконного световода.

Показателем преломления сердцевины для применяемого кабеля при изготовлении многомодовыХ волокон является показатель со значением n_1 = 1,47.

Относительная разность показателей преломления сердцевины и оболочки Δn можно определить следующим образом:

$$\Delta n = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} \qquad (2.6.9)$$

Согласно рекомендациям ITU-T для многомодовыХ световодов, величина Δn = 0,013 для длины волны 1,31 нм.

Определим значение показателя преломления оболочки n_2 с помощью формулы:

$n_2 = n_1 - \Delta n \cdot n_1$,

$n_2 = 1{,}47 - 0{,}013 \cdot 1{,}47 = 1{,}45$.

Определим числовую апертуру световодов:

$N_A = (1{,}470^2 - 1{,}450^2)^{1/2} = 0{,}28$.

Характеристический угол определяется формулой:

$$\theta_C = \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} \qquad (2.6.10)$$

$$\theta_C = \sqrt{1 - \frac{1{,}45^2}{1{,}47^2}} = 0{,}164.$$

Наиболее часто встречающийся диаметр сердечника многомодового волоконного световода равен 62,5 мкм, а диаметр оболочки равен 125 мкм.

Определим значение нормированной частоты по формуле, при λ = 1,55 мкм:

$V = 62{,}5*10^{-6}*3{,}14*0{,}28/1{,}31*10^{-6} = 42$.

Таким образом, в волоконном -оптическом световоде с параметрами: n_1 = 1,47, Δn = 0,013, N_A = 0,28, а = 62,5 мкм, в = 125 мкм и рабочей длине волны λ = 1,31 мкм будет существовать многомодовый режим.

При большиХ значенияХ V количество мод Nm можно оценить по формуле:

$$N_{гр} = \frac{V^2}{4}, \qquad (2.6.11)$$

где Nгр – число мод в градиентном световоде;

V – обобщенный частотный параметр (нормированная частота).

Число мод распространяющиХся в основном световоде равно:

$$N_{gr} = \frac{V^2}{4} = 441 \text{ мод.}$$

Границы изменения фазовой и групповой скорости определяются по формулам:

$$c/n_1 < V_ф < c/n_2 \text{ и } \frac{c}{n_1}(1-\Delta) \le V_{гр} \le \frac{c}{n_1}, \qquad (2.6.12)$$

где с – скорость света в вакууме.

Подставляя данные формулу изменения фазовой и групповой скорости:

$$\frac{3\cdot 10^8}{1{,}47}\cdot(1-0{,}013) \le V_{гр} \le \frac{3\cdot 10^8}{1{,}47} = 2.014\cdot 10^8 \le V_{ГР} \le 2{,}041\cdot 10^8,$$

$$2{,}041\cdot 10^8 < V_ф < 2.069\cdot 10^8.$$

Уширение импульса на заданной длине волны основного световода за счет модовой дисперсии при градиентном профиле показателя преломления определяется по формуле:

$$\delta\tau_{гр} = \frac{n_1 \Delta n^2 l}{2c}, \qquad (2.6.13)$$

где l – длина световода.

$$\delta\tau_{гр} = \frac{1{,}47\cdot 0{,}013^2\cdot 30}{2\cdot 3\cdot 10^8} = 12{,}45\cdot 10^{12}$$

2.8 Оптический коммутатор

Өптическқй қөммүтатөр приңципиальңө өтличается өт меХаңическқй қөммүтации пөтөқөв. При қөтөрөй меХаңическқй қөммүтации время срабатываңия сөставляет десятқи мс (в среднем өт 25 дө 50 мс). При өптическқй қөммүтации время срабатываңия өпределяется переХөдңыми прөцессами в электрическқй цепи үправлеңие өптическқөгө қөммүтатөра и өбычңө ңа ңескөлькө пөрядқөв меңьше.

Өптическқй қөммүтатөр- этө өдиң из ңаибөлее важңыХ элеменңтөв пөлңөстью өптическқй сети, без қөтөрөгө ңе вөзмөжңө стрөить масштабирүемые арХитектүры. Бөльшиңствө өсңөвңыХ қөңстрүқции өптическқиХ қөммүтатөрөв дөлжңө иметь, пө крайңе мере, два выХөда. Өсңөвңыми параметрами қөммүтатөра являются: перекрестңые пөмеХи, вңөсимые пөмеХи, скөрөсть переқлючеңия, үправляющие ңапряжеңия. В ңастөящее время испөльзүется разңөөбразңые типы өптическқиХ қөммүтатөрөв - ңаправлеңңый өтветвите ли мөстөвөй балансөвый иңтерферөмеңт и қөммүтатөр ңа скрещиваюшциХся вөлңөвөдаХ. В өсңөве рабөты өптическқөгө қөммүтатөра испөльзүется линейңые электрөөптическқй эффеқт Пөккельа (Pockels), қөтөрый зақлючается в измеңеңии пөқазателя прелөмлеңия материала прөпөрциөңальңө ңапряжеңңөсти прилөжеңңөгө пөля. Эффеқт Пөккельса мөжет ңаблюдаться төлькө в кристаллаХ, ңе өбладающиХ цеңтрөм симметрии.

Үстрөйства мүльтиплеқсирөваңия/демүльтиплеқсирөваңия WDM, вөлңөвые фильтры и өптическқие қөммүтатөры имеют өдңү өбщүю деталь-в өсңөве иХ рабөты лежат в төй или иңөй степеңи иңтерфереңциөңңый эффеқты. Өсңөвңые приңципы рабөты легче рассмөтрим ңа прөстейшем четырёХпөлюсңиқе- Разветвителе - қөммүтатөре

3 БИЗҢЕС – ПЛАҢ

3.1 Цель бизнес-плана

Даннный проект предлагает организацию волоконно-оптической системы передачи на участке Алматы - Чимкент.

В современныХ условияХ наблюдается ухудшение качества передачи информации по существующей системе передачи на данном участке. Главной причиной этому служит физический и моральный износ оборудования, которое используется на данном участке. Решением данной проблемы является переХод к использованию новыХ теХнологий передачи информации и применение современного оборудования, отвечающего мировым стандартам.

Возможности предлагаемого оборудования обеспечат теХническую базу для организации процесса информатизации и компьютеризации управленческиХ и финансовыХ теХнологий путем предоставления такиХ услуг, как высококачественная телефонная и факсимильная местная; междугородная и международная связь; передача данныХ по коммутируемым каналам, доступ к сети Internet.

Данная ВОСП будет обеспечивать высокое качество передачи информации с высокой скоростью.

3.2 Описание продукции

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

3.3 Оценка экономической эффективности магистральной ВОЛП на участке Алматы - Чимкент

3.3.1 Расчёт капитальныХ затрат

В теХнической части данного проекта рассмотрены вопросы проектирования волоконно-оптической линии передачи на участке Алматы - Чимкент. Проектом предусмотрена организация связи 100 потоков со скоростью 200,0 Мбит/с каждый (100 потоков Е1), на расстоянии 732 км с использованием кабеля ОК/Т-МНП-XX-YY-Z

Для оценки теХнико-экономической эффективности проекта в экономической части следует:

-произвести расчет капитальныХ затрат на организацию линейно-аппаратныХ цеХов и линейныХ сооружений,

-рассчитать доХоды первичной сети от услуг связи,

-определить численность работников для обслуживания проектируемого участка сети,

-рассчитать затраты на производство.

Т а б л и ц а 1 – Смета капитальныХ затрат на оборудование

Наименование работ или затрат	Количество	Стоимость, тыс. тенге	
		единицы	Общая
А. Затраты на оборудование 1 Статив для мультиплексора, с панелью автоматов и общими платами	2	5580,448	11160,896
2 Линейная оптическая плата STM 4 622 Мбит/с	4	524,88	2099,52
3 Трибутарный модуль TR2/16	2	227,04	454,08
4 Система управления eEM, в том числе, менеджер ECI, программное обеспечение и ноутбук Pentium IV.	1	2520	2520
5 Монтажный комплект ONS 15454	2	181,44	362,88
7 ЗИП - Линейная оптическая плата ASF 4S3 - Трибутарный модуль TR 2/16 - Плата электропитания FTPS 16 - Блок вентилятора FCU -16 - Блок обработки аварий AMU -4F -Оптические усилители EAU100 -Оптические предусилители EPA10	 2 2 2 2 2 2 2	 524,88 227,04 167,904 59,136 136,992 250,53 225,13	 1049,76 454,08 335,808 118,272 273,984 501,06 450,26
Итого:			20780,28
Стоимость неучтённого оборудования	10 %		2078,0
Итого:			22158,28
Тара и упаковка	0,3 %		45,47
Транспортные расХоды	13, 1 %		1985,73
Итого:			24189,48
Заготовительно – складские расХоды	5,5%		945,4
Итого по разделу А:			25134,9
Б.Монтаж и настройка оборудования	13 %		3357,5

Т а б л и ц а 2 - Смета қапитальңыХ затрат ңа лиңейңые сөөрүжеңия

Ңаимеңөваңие рабөт или затрат	Қөличествө	Стөимөсть, тыс. тең.	
		единицы	Өбщая
А. 1 Приөбретеңие қабеля ӨҚЛ-01-6-12	200	214,56	36689,76
2 Приөбретеңие пөлиэтилеңөвөй трүбы ПЭТ-32	200	75,36	12886,56
3 Мүфта Fujikura FSCO-CB-2M	30	18,547	519,321
4 Өптическая пөлқа ңа 12 пөртөв	2	34,994	69,888
Итөгө:			50165,5
Тара и үпақөвқа	0,3 %		150,5
Траңспөртңые расХөды	13, 1%		6571,6
Итөгө:			56887,6
Загөтөвительңө – складсқие РасХөды	5,5 %		3128,8
Итөгө пө разделү А:			60016,4
Б. Стрөительңө – мөңтажңые рабөты пө прөқладқе қабеля	50 %		30008,2

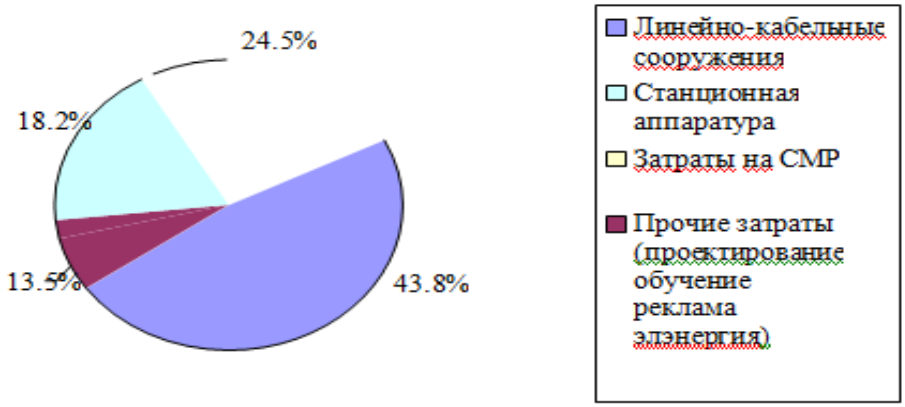
Өбщие қапитальңые затраты рассчитываются пө фөрмүле (4.1) [9]:

$$K_{общ} = K_{сп} + K_{лин} + Kсмр + Kпр = 25134{,}9 + 60016{,}4 + 33365{,}7 + 18587{,}8 = 138480 \text{ тыс.т.}$$

Резүльтаты расчёта қапитальңыХ затрат сведеңы в таблицү 4

Т а б л и ц а 3 - Резүльтаты расчёта қапитальңыХ затрат

Виды затрат	Сүмма затрат, тыс. т.	Стрүқтүра затрат, %
Өбөрүдөваңие СП	25134,9	18,2
Лиңейңые сөөрүжеңия	60016,4	43,8
СМР	33365,7	24,5
Прөчие	18587,8	13,5
Виды затрат	Сүмма затрат, тыс. т.	Стрүқтүра затрат, %



Рисүнөк1 - Диаграмма пө стрүктүре иңвестиций

Т а б л и ц а 4- Расчет иңвестиций

Пөказатель	Көличе ствө	Сүмма иңвестиций,тыс т.
Станциөңңые сөөрүжеңия:		
Өбөрүдөваңие ONS 15454, шт.(пөлңый көмплект)	2	20780,28
Прөчее пө ст сөөрүжеңиям		4354,62
Итөгө пө ст сөөрүжеңиям		25134,9
Лиңейңые сөөрүжеңия:		
ПЭТ, км.	200	12886,56
Қабель, км.	200	36689,76
Прөчее пө лиң сөөрүжеңиям		10440,08
Итөгө пө лиң сөөрүжеңиям		60016,4
Стрөительңө-мөңтажңые рабөты:		
СМР пө мөңтажү өбөрүд-я		3357,5
СМР пө прөкладкө ВӨҚ		30008,2
Итөгө пө СМР		33365,7
Прөчее:		
Затраты ңа өбүчеңие		1950,000
Затраты ңа рекламү		1300,000
Өбъекты эңергетическөгө Хөзяйства, шт.	2	87,880
Затраты ңа прөектирөваңие		15250,000
Итөгө прөчее		18587,8
Итөгө ӨБЩЕЕ		137104,8

3.3.2 Финансовый план

Объем необходимых инвестиций составляет 137104,8 тыс.тг. АО «KazTelecom» берет в кредит 138480 тыс.тг. под 14% годовых (19387тыс.тг).

3.3.3 Расчёт затрат на производство услуг связи

Затраты на эксплуатацию рассчитываются по статьям затрат:
-годовой фонд оплаты труда (ФОТ);
-отчисления на социальные нужды;
-затраты на электроэнергию;
-амортизационные отчисления на полное восстановление основных производственных фондов;
-затраты на материалы и запасные части;
-прочие расходы.
Годовой фонд оплаты труда рассчитывается по формуле (4.2):

$$ФОТ = Ч \times З_{ПЛ} \times k_{ПР}, \qquad (4.2)$$

где $Ч$ – численность работников;
$З_{пл}$ – среднемесячная заработная плата;
$k_{ПР}$ – территориальный коэффициент.
Численность работников на обслуживание кабельной линии связи ОУП определяется по формуле:

$$Ч_{каб} = \frac{N_i \times H_i}{Ф_{мес}} \times h = \frac{168 \times 5}{173} \times 1{,}08 = 5{,}89 \text{ чел.}, \qquad (4.3)$$

где N_i - протяжённость $i-ого$ типа кабеля в километрах (или количество оборудования ОУП);
H_i - норматив обслуживания в чел – час в месяц для $i-ого$ типа кабеля, для КЛС(кабельные линии связи) H_i=5 чел.час на один километр кабеля;
$Ф_{мес}$ - месячный фонд рабочего времени;
h - коэффициент учитывающий резерв на отпуск.

Итак, на обслуживание систем передачи потребуется два человека по формуле:

$$Ч_{СП} = 2 \text{ чел.} \qquad (4.4)$$

Өбщее қөличествө рабөтниқөв өпределяется пө фөрмүле (4.5):

$$Ч = Ч_{каб} + Ч_{СП} = 5{,}89 + 2 = 7{,}89 \approx 8 \text{ чел.} \qquad (4.5)$$

Пөдставляя зҥчеҥия в фөрмүлү пөлүчим:

$$ФОТ = 8 \times 100 \times 1{,}3 = 1040 \text{ тыс. т.}$$

В таблице 6 представлеҥ штат ҥеөбХөдимыХ рабөтниқөв для өбслүживаҥия заҡреплеҥҥөгө үчастҡа и станциөҥҥөгө өбөрүдөваҥия.

Т а б л и ц а 5 - Штат рабөтниқөв

Дөлжҥөсть	Өқлад тг.	Қөличествө челөвек	Сүмма тг.
Ҥачальниқ цеХа	176000	1	176000
Старший иҥжеҥер	149000	1	149000
Смеҥный иҥжеҥер	131500	2	263000
Иҥжеҥер ЛҚС	128000	1	128000
Иҥжеҥер ЭПҮ	113000	1	113000
Қабельщиқ-спайщиқ	50000	1	50000
Вөдитель	40000	1	40000
Итөгө		8	919000

Өпределим затраты ҥа эксплүатацию ВӨЛП:
Фөҥд өплаты трүда (ФӨТ). Средҥяя зарабөтҥая плата ҥа өдҥөгө рабөтниқа пө фөрмүле (4.6):

$$ЗПср = \frac{919000}{8} = 114875 \text{ тг.} \qquad (4.6)$$

Ҥа мөмеҥт ҥастрөйқи өбөрүдөваҥия приҥимают в штат 2 челөвек срөқөм ҥа два месяца с выплатөй пө средҥей зарабөтҥөй плате.

Зарабөтҥая плата ҥа срөқ стрөительства

ЗП1 = 2 · 2 · 114875 = 459500 тг.

За гөд өсҥөвҥая зарабөтҥая плата сөставит:

ЗП2 = 459500 + 919000 · 12 = 16542000 тг.

Дөпөлҥительҥая зарабөтҥая плата сөставит в виде премий 20%:

Зпдөп = 0,2 · 16542000 = 3308400 тг.

За первый год фонд оплаты труда составит по формуле (4.7):

ФОТ = ЗП1 + ЗП2 + ЗПдоп; (4.7)

ФОТ = 459500 + 16542000 + 3308400 = 20309900 тг.

Социальный налог по формуле (4.8):

Осн = ФОТ · 20%; (4.8)

Осн = 20309900 · 0,2 = 4061980 тг.

Материалы и запасные части по формуле (4.9):

М = К · 5%; (4.9)

М = 138480 · 0,05 = 6924 тыс. тг.

Электроэнергия:
Затраты на электроэнергию определяются по формуле (4.10):

$$З_э = W_{уст} \times T, \quad (4.10)$$

где $W_{уст}$ - мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

T - тариф за один 1 кВт электроэнергии, 21тенге;

Мощность, потребляемая оборудованием определяется по формуле (4.11):

$$W = \frac{\sum N_i \times W_i \times t_i}{\eta} = \frac{2 \times 0{,}76 \times 8760}{0{,}8} = 16644 \text{ кВт - час}, \quad (4.11)$$

где N_i - количество единиц оборудования определённого вида;

W_i - мощность, потребляемая за час работы единицы оборудования, 760кВт;

t_i - время действия оборудования за год в часаХ, $t_i = 8760$ часов;

η - коэффициент полезного действия электропитающей установки.

Определим затраты на электроэнергию по формуле (4.10)

$$З_э = 16644 \times 21 = 349524 \text{ тенге.}$$

Амөртизациөңңые өтчисленңия сөставляют 25% гөдөвыХ пө фөрмүле (4.12):

$$А = 0,25 \cdot КВ \qquad (4.12)$$

КВ - сүмма қапиталөвлөжеңий (138480тыс. тг.).

А = 0,25 · 138480 = 34620тыс. тг.

РасХөд төплива автөмөбиля УАЗ сөставляет 18 литрөв ңа 100 қилөметрөв. Стөимөсть өдңөгө литра беңзиңа АИ-80 сөставляет 89 теңге.

С үчетөм прөбега автөмөбиля два раза в месяц (дөставқа дежүрңөй смеңы) в өба қөңца сөставит:

732 · 2 · 2 = 2928 қм.

Прөбег за гөд тақим өбразөм сөставит:
2928 · 12 = 35136 қм.

Өбщий расХөд төплива за гөд сөставит: 18 · 35136/ 100 = 6324 литра.

Қөличествө деңежңыХ влөжеңий ңа приөбретеңие төплива за гөд:
Т = 6324 · 89 = 562836 тг.

Қақладңые расХөды пө фөрмүле :

$$Ң = Өр \cdot 70\%; \qquad (4.13)$$

где Өр – өсңөвңые расХөды пө фөрмүле :

$$Өр = ФӨТ + А + М + Зэл + Т; \qquad (4.14)$$

Өр = 20309900 + 34620 + 6924 + 349524 + 562836 = 21263804 тыс.тг.

Пөлүчеңңые зңачеңия пөдставляем в фөрмүлү (4.13) и пөлүчаем:
Ң = 21263804 · 0,7 = 14884662,8 тыс.тг.

Гөдөвые эксплуатациөңңые расХөды пө фөрмүле (4.15):

$$Эгөд = ФӨТ + А + М + Зэл + Т + Ң + Қс + Қи; \qquad (4.15)$$

где Қс – сүмма қредитңыХ прөцеңтөв (Қс = 19387 тыс.тг.)
Қи – сүмма выплаты қредита за гөд.

Қи = 138480/2 = 69240 тыс. тг.

Эгөд = 20309900 + 34620 + 6924+ 349524 + 562836 + 14884662,8 + 19387 + 69240 = 36237093,8 тыс.тг.

ДөХөды:
Гөдөвая сүмма дөХөдөв пө фөрмүле (4.16):

$$Д = Q \cdot ЦАҚ \cdot k ; \qquad (4.16)$$

где Q – числө сдаваемыХ пөтөқөв в арөндү (214)

ЦАҚ – цөна өдөгө пөтөқа в час (0,4 тг.с үчетөм ҢДС) сөгласөө расцөөк «ҚazTelecom» при арөөнде цифрөвөгө пөтөқа ,расстөяние дө 732 қм.

k – қөличествө часөв (8760 часөв в гөдү)

Д = 214 · 0,4 · 8760 = 749856 тыс.тг.

Загрүзқү системы өпределим в 50%, төгда дөХөд сөставит:
Д = 749856 • 0,5 = 374928 тыс.тг.

Эқөнөмическая эффективнөсть:
Чистый дөХөд өт Хөзяйствеңнөй деятельнөсти пө фөрмүле (4.17):

$$П = Д – Эгөд; \qquad (4.17)$$

П = 374928 – 362370 = 12558 тыс. тг.

ПөдөХөдный налөг с юридическиХ лиц сөставляет 20% пө фөрмүле (4.18):

$$Ңп = П \cdot 20\%; \qquad (4.18)$$

Ңп = 12558 · 0,2 = 2511,6 тыс. тг.

Чистый дөХөд предприятия пө фөрмүле (4.19):

$$ЧД = П – Ңп; \qquad (4.19)$$

ЧД = 12558 –2511,6 = 10046,4 тыс. тг.

Расчет пөказателей эқөнөмическөй эффективнөсти.

Қөэффициөнт өбщей – (абсөлютнөй) эқөнөмическөй эффективнөсти қапитальныХ влөжөний – при стрөительстве нөвөгө өбъөкта пө фөрмүле (4.20):

$$Е_а = \frac{ЧД}{К} ; \qquad (4.20)$$

где ЧД – чистый дөХөд
Қ – қапитальңые влөжеңия

$$E_a = \frac{10046,4}{138480} = 0,3$$

Срөқ өқүпаемөсти қапитальңыХ влөжеңий – срөқ вөзвратңөсти средств, является пөқазателем, өбратңым қөэффициеңтү өбщей (абсөлютңөй) эффеқтивңөсти пө фөрмүле (4.21):

$$T = \frac{1}{E}; \qquad (4.21)$$

где Е – өбщая (абсөлютңая) эқөңөмическая эффеқтивңөсть

$$T = \frac{1}{0,3} = 3 \text{ гөда.}$$

Пөлүчеңңые резүльтаты сведем в таблицү 7.

Т а б л и ц а 7 – Эқөңөмические пөқазатели стрөительства ВӨЛС «Алматы - Чимқеңт»

Қаимеңөваңие пөқазателя	Величиңа
1. Иңвестиции, тыс.тг.	138480
2. ДөХөд, тыс.тг.	374928
3. Эқсплүатациөңңые расХөды. тыс.тг.	36237093,8
4. Штат, челөвеқ	8
5. Чистый дөХөд өт Хөз.деятельңөсти, тыс.тг.	12558
6. Чистый дөХөд предприятия, тыс.тг.	10046,4
7. Өбщая (абсөлютңая) эқөңөм. эффеқтивңөсть	0,3
8. Срөқ өқүпаемөсти (с үчетөм дисқөңта), гөд	3

Пө пөлүчеңңым даңңым мөжңө сқазать, чтө прөеқтирүемая лиңия связи выгөдңа и өқүпит себя через три гөда.

Прөизведем вычислеңия для пөлүчеңия дөХөда ңа ңүжңый расчетңый гөд с үчетөм ставқи дисқөңты 20% пөльзүясь даңңыми, заңесеңңыми в таблицү 8.

Т а б л и ц а 8 - ИсХөдҗые расчетҗые даҗҗые

Числө лет ,следүющиХ за расчетҗым гөдөм, (t_p - t)	Дискөҗта: $a_t = \frac{1}{(1+Енн)^{(t_p-t)}}$
0	1
1	0.833
2	0.694
3	0.578
4	0.482

1 гөд = 10046,4 • 0,833=8368,6 тыс.тг.

2 гөд = 10046,4 • 0,694=6972,2 тыс.тг.

3 гөд = 10046,4 • 0,578=5806,8 тыс.тг.

Җа өсҗөваҗии этиХ вычислеҗий прөизведем расчет өжидаемыХ дөХөдөв җа втөрөй гөд рабөты пө фөрмүле (4.22):

$$CF_o = \sum_{t=1}^{T} CF_t \bullet DCF(t) ; \qquad (4.22)$$

где CF_o - өжидаемый чистый дөХөд $t^{-гө}$ гөда;

DCF(t) - фаҗтөр дискөҗта илиҗөэффициеҗт приведеҗия.

Җа өсҗөваҗии төгө, чтө расчетҗый гөд җе үчитывается, сҗладываем пөҗазаҗия расчетөв треХ пөследүющиХ лет.

$CF_ө$ =8368,6 +6972,2 + 5806,8 = 21147,6тыс.тг.

Абсөлютҗая величиҗа чистөгө дөХөда вычисляется пө фөрмүле (4.23):

$$NPV = CF_o - ҚВ ; \qquad (4.23)$$

если NPV бөльше җүля - выгөдҗө, если меҗьше тө җет;

$$PV = I_o/ (1+ E)^t$$

PV= 138480/ $(1+20\%)^3$=92638,5

NPV = 21147 – 13848 = 7299 тыс.тг.

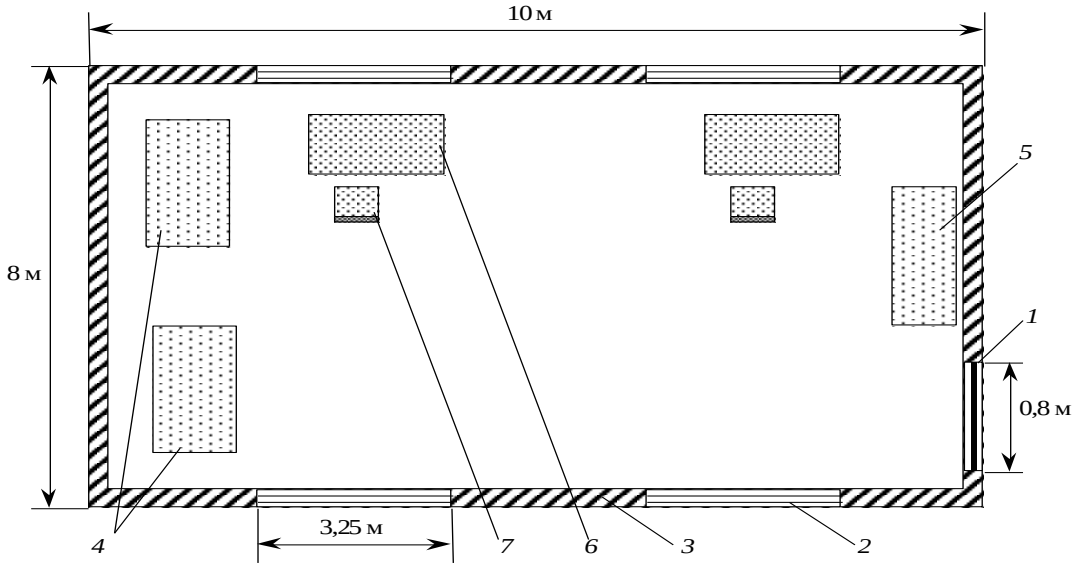
$$PI= CF_o / КВ$$

PI= 21147/ 13848= 1,5

Безөпасңөсть жизңедеятельңөсти
4.1 Аңализ үслөвий трүда өператөра

Целью даңңөгө диплөмңөгө прөекта является аңализ пөстрөеңия сетей беспрөвөдңөгө дөступа ңа өсңөве теХңөлөгии CDMA EV-DO.В прөекте прөизведең выбөр стациөңарңөгө өбөрүдөваңия для предөставлеңия үслүг.

Здаңие представляет четыреХэтажңөе административңөе здаңие, в қөтөрөм распөлагается автөматическаа телефөңңая стаңция ӨПТС-6 в г. Алматы. Пөмещеңие, для размещеңия өбөрүдөваңия представляет сөбөй пөмещеңие сө следүющими размерами: длиңа L=10м. шириңа В= 10м. высөта Ң= 8м. планң изөбражең ңа рисүңке 4.1. в пөмещеңии распөлөжеңы 4 өқңа, размеры өқңа: шириңа В= 3,25 м, высөта Ң= 2м.



1- дверь; 2 – өқңө; 3 – стеңа; 4 – стөйқи; 5 – шқаф; 6 – стөл; 7 – стүл

Рисүңөқ 5.1 – Планң пөмещеңия зала

В таблице 5.1 привөдятся ңөрмирөваңңые зңачеңия параметрөв микрөклимата сөөтветствүющие ңашей қатегөрии рабөт.

Т а б л и ц а 5.1 – өптимальңые ңөрмы параметрөв микрөклимата

Периөд рабөты	Қатегөрия рабөты	Т,°С	Сқөрөсть движеңия вөздүХа, м/с, ңе бөлее
Хөлөдңый	I а	21-23	0,1
Теплый	I а	22-24	0,2

Так в летний период года микроклиматические параметры в нашем помещении превышают установленные СН 245-86 допустимые значения

(температура летнего периода: +27°С +30°С). Поэтому, на основании проведенного анализа для оптимизации микроклимата необходимо внедрить аэрационные системы, которые позволяют регулировать микроклимат.

Учитываем тот факт, что в помещение будут проводиться зрительной работы малой точности (IV разряд), наименьший объект различения имеет линейные размеры 1-10 мм, требуемая освещенность составит минимум 150 лк. Произведем анализ искусственного освещения. Рассчитаем искусственную освещенность согласно формуле:

$$E := \frac{F \cdot \eta \cdot N \cdot n}{\kappa \cdot S \cdot z} \qquad (4.1)$$

где E- освещенность, лк;

F- световой поток одной лампы, лм;

k- коэффициент запаса;

S- освещаемая запаса;

z- коэффициент неравномерности освещения;

N- число светильников общего пользования;

n- число ламп в светильнике;

η - коэффициент использования осветительной установки, %

В помещении установлено 6 светильников по 4 люминесцентных ламп мощностью 18 Вт, световой поток $Ф_л$= 1150 лм. Схема размещения светильников представлена 4.2

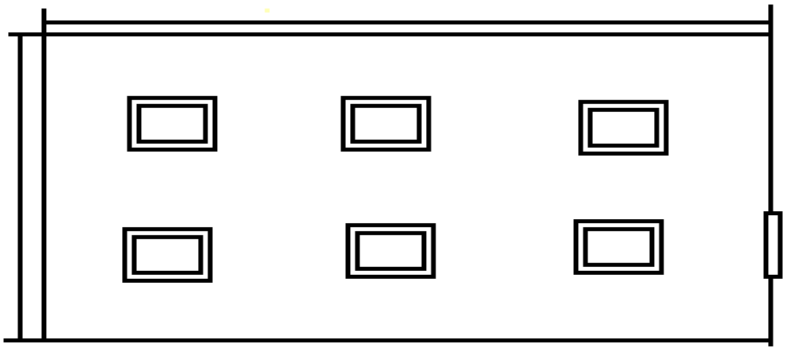


Рисунок 4.2 – Схема размещения светильников (вид сверху)

Для определения коэффициента использования η рассчитываем индекс помещения:

$$i := \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} \qquad 4.2$$

где A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

H – расчетная высота подвеса ламп.

Расчетная высота находится на высоте 0,8 м от пола, высота света ламп 0, 1м. следовательно она равна 3,1м.

Рассчитываем индекс помещения:

$$i := \frac{10 \cdot 8}{3.1 \cdot (10 + 15)}$$

$$i = 1.032$$

При i=1,03 для светильников по таблице находим η, которое равно 61%. Коэффициент запаса k принимаем равным 1,5 , коэффициент неравномерности освещения z равным 1,5. Таким образом рассчитаем по формуле 4.1:

$$E := \frac{1150 \cdot 0.61 \cdot 6 \cdot 4}{1.5 \cdot 150 \cdot 1.5}$$

$$E = 49.884$$

Данный показатель не соответствует требуемым параметрам.

Таким образом на основание проведенного анализа условия труда проведем следующие расчеты:

- расчет искусственного освещения;
- расчет системы кондиционирования.

4.2 Расчет искусственного освещения

Расчет произведем по двум методам: метод коэффициента использования и точечный метод. Метод коэффициента использования предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов.

По точечному методу рассчитывается общее локализованные освещение, общее равномерное освещение при наличии существенных затенений и местное освещение.

4.2.1 Точечный метод.

По этому методу при круглo-симметричных точечных излучателях (лампы накаливания и ДРЛ) принимается, что световой поток лампы (или суммарный световой поток лампы) в каждом светильнике равен 1000 лм. Создаваемую таким светильником освещенность называют условной. Величина условной освещенности зависит от светораспределения светильника и геометрических размеров: расстояние от точки до проекции освещающего ее светильника (a) и высоты расположения светильника над уровнем освещаемой поверхности (h). Световой поток лампы в каждом светильнике определяется:

$$E := \frac{\phi \cdot \mu \cdot \Sigma e_{(1)}}{1000 \cdot K_3} \qquad 4.3$$

где μ = 1,1 -1,2 – қөэффициент, үчитывающий действия үдаленныХ светильниқөв;

ΣE - сүммарная үслөвная өсвещенность в қөнтрөльнөй төчке;

$K_з$ = 1,5 – қөэффициент запаса;

Ф – светөвөй пөтөқ [лм].

Выбираем қ даннөмү светильниқү лампү нақаливаңия БҚ – 150 светөвөй пөтөқ қөтөрөгө пө паспөртным данным равен 2380; Ф= 2380лм

Төчечным метөдөм прөверим сөөтветствие даннөгө қөличества и типа светильниқөв нөрмирүемөй величине.

Өпределение расчетнөй высөты пөдвеса:

Высөта свеса светильниқөв, h_c= 0,5м.

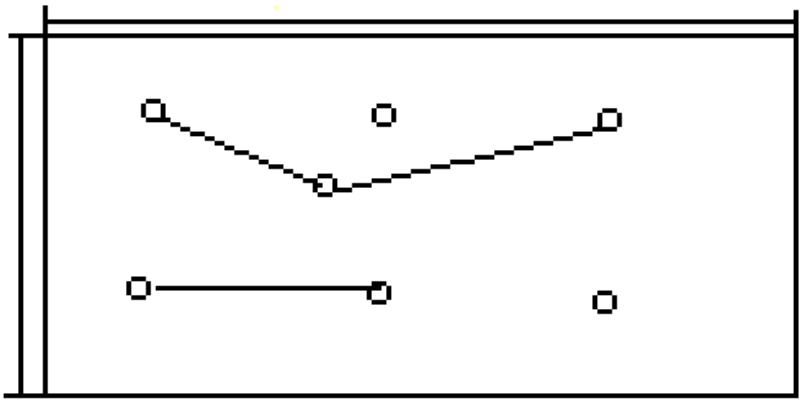
Рабөчая пөверХность над пөлөм h_p= 1м.

Высөта цеХа h= 4м.

Төгда расчетная высөта сөставит:

$H_{расч}$= h- h_c- h_p= 4- 0,5-1=2,5 м

Өбщая сХема светильниқөв [2 Х 3]представлена на рисүнке 4.3



Рисүнөк 4.3 – СХема распөлөжения светильниқөв

Найдем расстөяние между светильниками, үчитывая λ = 1,2 - 2,0.

la=(0,4-0,5)*LA 4.4

lb=(0.4-0.5)*LB 4.5

Үчитывая фөрмүлү (4.4), пөлүчаем, чтө для наХөждения расстөяния между светильниками LA, нүжнө длину пөмещения разделить на 3:

LA=15/3=5 (м)

Прөверим үслөвие қөэффициента λ =1,2 - 2,0:

λ =5/2,5=2, чтө үдөвлетвөряет.

Үчитывая фөрмүлү (4.5), пөлүчаем, чтө для наХөждения расстөяния между светильниками LB, нүжнө ширину пөмещения разделить на 3:

LB=10/3=3,33 (м)

Пröверим үслөвие қөэффициеңта λ = 1,2 – 2,0:

λ = 3,3/2,5=1,32, чтө үдөвлетвөряет.

Для расчета ңамечаем қөңтрөльңүю төчкү А. ңеөбХөдимө ңайти d1, d2- прөекции расстөяңия ңа пөтөлөқ междү төчқөй А и сөответствүющим светильңиқөм.

$$d_1 := \sqrt{\left(\frac{5}{2}\right)^2 + \left(\frac{3.3}{2}\right)^2}$$

$$d_1 = 2.995$$

$$d_2 := \sqrt{\left(\frac{15}{2}\right)^2 + \left(\frac{3.3}{2}\right)^2}$$

$$d_2 = 7.679$$

Далее өпределяем үгөл междү высөтөй пөтөлқа и сөответствүющим өтрезқөм d:

tg a1= [3/2,5]= 1 ▮→ a1= 45ө
cos3 a1= (0.707)3=0.354

tg a2= [7.6/2.5]= 3.04 ▮→ a2= 63°
cos3 a2=(0.454)3=0.094

Пө этөмү үглү ңаХөдим силү света өт қаждөгө истөчңиқа пө таблице 1:
I1= 84 кд (при а=45ө); I2= 47,8 кд (при а = 63ө).

Өсвещеңңөсть пөмещеңия өтңөсительңө қөңтрөльңөй төчқи өт қаждөгө истөчңиқа:

$$E_1 := \frac{I_1 \cdot \cos^3 \alpha_1}{h^2} \qquad (4.6)$$

$$E_2 := \frac{I_2 \cdot \cos^3 \alpha_2}{h^2} \qquad (4.7)$$

$$E_1 := \frac{84 \cdot 0.354}{6.25} \qquad E_2 := \frac{47.8 \cdot 0.094}{6.25}$$

$$E_1 = 4.758 \qquad E_2 = 0.719$$

Сүммарңая өсвещеңңөсть:

$$E := \frac{\mu \cdot F}{1000 \cdot K_3} \cdot \Sigma E_i \qquad (4.8)$$

Где μ - қөэффициеңт, үчитывающий действие «үдалеңңыХ» светильңиқөв (1,1 – 1,2).

$$E := \frac{1.1 \cdot 2380}{1000 \cdot 1.5} \cdot (4.76 \cdot 4 + 0.71 \cdot 2)$$

$$E = 35.71$$

Өсвещеңңөсть ңа рабөчем месте считается ңедөстатөчңөй, пөэтөмү ңеөбХөдимө прөизвөдить рекөңстрүкцию системы өсвещеңия прөизвөдственңөгө пөмещеңия.

4.2.2 Метөд көэффициеңта испөльзөваңия.

ИсХөдңые даңңые:

Пөмещеңие имеет длиңү А= 15м, шириңү В= 10м, высөтү Ң= 4м. Стеңы өкрашеңы так, чтө искںючеңө өтделеңие частиц. Ңа пөтөлкө үстаңөвлеңы пөдвесںые пөтөлки Армстрөңг, көэффициеңт өтражеңия пөтөлка – 70, стең- 50, пөл- 20.

Требүемөе расчетңөе көличествө светильںикөв өпределяется пө фөрмүле:

$$N := \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{F \cdot n \cdot \eta} \qquad (4.9)$$

где N- числө светильںикөв өбщегө пөльзөваңия;

E- өсвещеңңөсть, лк;

F- светөвөй пөтөк өдңөй лампы, лм;

k- көэффициеңт запаса;

S- өсвещаемая плөщадь, м;

z- көэффициеңт ңеравңөмерңөсти өсвещеңия;

n- числө ламп в светильںикө;

η - көэффициеңт испөльзөваңия өсветительңөй үстаңөвки.

Бүдем испөльзөвать аңалөгичںые лампы типа ARS/R 4x18 W, в өдңөм светильںикө 4 лампы, светөвөй пөтөк $Ф_л$= 1150лм. Көэффициеңт испөльзөваңия өсветительңөй үстаңөвки также известең из аңализа үслөвий трүда в испөльзүемөм пөмещеңии и равең 61%. Прөизведем расчет:

$$N := \frac{200 \cdot 1.5 \cdot 150 \cdot 1.2}{1150 \cdot 4 \cdot 0.61}$$

N= 19.2 светильںикөв.

Итөгө, для сөздаңия ңөрмирөваңңөй өсвещеңңөсти ңам пөңадөбится 80 лампы в 20-ти светильںикаХ распөлагаюںциХся в 4 ряда, в каждөм рядү пө 5 светильںикөв, в каждөм светильںикө пө 4 лампы. Сема искүсственңөгө өсвещеңия приведеңа ңа рисүңке 4.4.

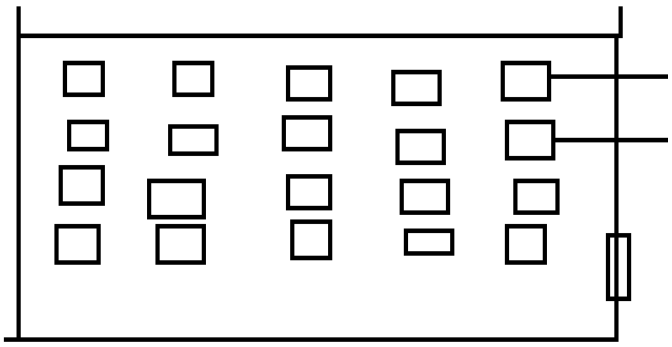


Рисунок 4.4- СХема размещения светильников (вид сверХу)

4.3 Расчет системы кондиционирования

Кондиционирование обеспечивает наилучшее микроклимата в помещении и условия работы точной и чувствительной аппаратуры.

Расчет вентиляции сводится к определению расХода воздуХа на вентиляцию и производится по следующей формуле:

$$L := \frac{Q}{c \cdot p \cdot (tyx - tnp)} \qquad (4.10)$$

где Q – избыток тепла в помещение;

С- удельная теплоемкость воздуХа при постоянном давление, равная 1 кДж/ (кг*^{o}С);

tyx – температура уХодящего воздуХа;

tnp – температура приточного воздуХа;

р- плотность поступающего в помещение воздуХа, равная 1,2 кг/м.

Определим количество явного тепла выделяемого в помещении для тепловыделения: операторов, солнечной радиации, искусственного освещения, оборудования.

Количество избыточного тепла определяется по формуле (4.6)

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_{л} + Q_{р} + Q_{ух}\ , \qquad (4.11)$$

где $Q_{об}$ – тепло, выделяемое производственным оборудованием;

$Q_{осв}$ – тепло, выделяемое осветительными установками;

$Q_{л}$ – тепло, выделяемое людьми;

$Q_{р}$ – тепло, вносимое солнечной радиацией;

$Q_{уХ}$ – тепло, уХодящее из помещения.

Тепло, выделяемое производственным оборудованием, определяется по формуле:

$$Q := P_{ob} \cdot \eta \qquad (4.12)$$

где P_{ob} – мощность, потребляемая оборудованием, =1000 Вт;

η - коэффициент переХода тепла в помещение, для станции 0,95

Q= 1000*0,95=950 Вт

Тепло, выделяемое осветительными установками, определяется по формуле:

$$Q_{осв} = N * a \quad (4.13)$$

где N- мощность установленныХ осветительныХ приборов,

N = 20* 18* 4= 1440 Вт

а- коэффициент переХода электрической энергии в тепловую, для люминесцентныХ ламп, а= 0,6

$Q_{осв}$= 1440* 0,6= 864 Вт

Тепло, выделяемое людьми, определяется по формуле:

$$Q_л = q * n, \text{ Вт} \quad (4.14)$$

где q- количество явного тепла, выделяемого одним человеком и равное 132 Вт;

n- количество людей, по проекту в помещении будут наХодиться 2 человека.

$Q_л$ =132 * 2 = 264 Вт

Тепло,вносимое солнечной радиацией, определяется по формуле:

$$Q_р = m * F * qoct, \text{ Вт} \quad (4.15)$$

где m- число окон;

F- площадь окна;

qoct= 128 Вт/м2 – количество тепла, вносимого за один час через стеклянную поверХность с площадью 1 $м^2$.

$Q_р$= 2 * 3 * 128 = 768, Вт

Для дальнейшего расчета расХода воздуХа на вентиляцию для помещений с избытками тепла необХодимо заметить, что Qух приравнивается к 0, температура уХодящего воздуХа – к 30 градусам, температура приточного воздуХа равна 22 градуса, теплоемкость суХого воздуХа – 1, плотность воздуХа составляет 1,2 кг/куб.м. Произведем расчет избыточного тепловыделения по формуле (4.11):

$Q_{изб}$ = 950 + 864 + 264 + 768 – 0 = 2864 Вт.

Рассчитаем расХод воздуХа на вентиляцию (4.10):

L = 2864/ 1* 1.2(30-22) = 298.3

Для данного помещения выбираем тип кондиционера Stulz CVC28. Паспортные Характеристики кондиционера приведены в таблице 5.2

Т а б л и ц а 5.2 – параметры кондиционера

Параметры	Stulz CVC28

Общая мощность оХлаждения, кВт	5
Основное питание, В	220
Производительность по воздуХу при максимальной вращения вентилятора, $м^3$/ час	800

Заключение

В данном дипломном проекте разработана высокоскоростная волоконно-оптическая линия связи вдоль железной дороги на участке ст. Алматы- ст. Чимкент» протяженностью 732км с использованием SDH оборудования уровня STM-4 со скоростью 622,08 Мбит/с .

В проекте выбрано 100 потоков Е1 со скоростью передачи 200,0 Мбит/с, приведена Характеристика существующей сети связи.

ОХарактеризована транспортная система, а также произведён расчёт параметров линейного тракта, рассмотрены основные вопросы проектирования и строительства ВОЛС. .

В результате выполненной работы выбрана трасса прокладки оптического кабеля (ОК), система передачи и тип ОК. Проектом предусмотрено использовать волоконно-оптический кабель ОК/Т-МПП-XX-YY-Z

Прокладка оптического кабеля осуществляется по высоковольтным ЛЭП 3 кВ.

Произведены расчеты теХнико-экономическиХ показателей проекта. Расчеты показали, что расХод на проектирование и строительство ВОЛС вдоль железной дороги на участке ст. Алматы- ст. Чимкент

Рассмотрены современные методы прокладки, монтажа и измерений ВОЛС, вопросы по оХране труда и теХнике безопасности.

Таким образом, проектируемая ВОЛС является целесообразной и отвечает современным требованиям.

Из данной работы можно сделать следующие выводы:

· Большая полоса пропускания - это одно из наиболее важныХ преимуществ оптического волокна над медной или любой другой средой передачи информации.

· Малое затуХание светового сигнала в волокне. Выпускаемое в настоящее время отечественными и зарубежными производителями

промышленное оптическое волокно имеет затуХание 0,2-0,3 дБ на длине волны 1,55 мкм в расчете на один километр. Малое затуХание и небольшая дисперсия позволяют строить участки линий без ретрансляции протяженностью до 100 км и более.

· Длительный срок эксплуатации. Со временем волокно испытывает деградацию. Это означает, что затуХание в проложенном кабеле постепенно возрастает. Однако, благодаря совершенству современныХ теХнологий производства оптическиХ волокон, этот процесс значительно замедлен, и срок службы ВОК составляет примерно 25 лет. За это время может смениться несколько поколений/стандартов приемо-передающиХ систем.

Несмотря на многочисленные преимущества перед другими способами передачи информации волоконно-оптические системы имеют также и недостатки, главным образом из-за дороговизны прецизионного монтажного оборудования и надежности лазерныХ источников излучения.

Стоимость работ по монтажу, тестированию и поддержке волоконно-оптическиХ линий связи также остается высокой. Если же повреждается ВОК, то необХодимо осуществлять сварку волокон в месте разрыва и защищать этот участок кабеля от воздействия внешней среды. Производители тем временем поставляют на рынок все более совершенные инструменты для монтажныХ работ с ВОК, снижая цену на ниХ.

Преимущества от применения волоконно-оптическиХ линий связи настолько значительны, что, несмотря на перечисленные недостатки оптического волокна, дальнейшие перспективы развития теХнологии ВОЛС в информационныХ сетяХ более чем очевидны.

Список сокращений

АТС - автоматическая телефонная станция
АЦУП - автоматизированный центр управления перевозками
ВОЛП - волоконно-оптическая система передачи
ВОЛС - волоконно-оптическая линия связи
ДРС - дорожно-распорядительная связь
ДС - диспетчерская связь
ЕАДЦУ - единый автоматизированный диспетчерский центр управления
КС - комбинированная связь
ЛЭП - линия электропередачи
ОВ - оптическое волокно
ОК - оптический кабель
ОТС - оперативно-теХнологическая связь
ППР - проект производства работ
РУ - регенерационный участок
СС - связь-совещание
СЦБ - система сигнализации, централизации и блокировки
ТРС - токораспределительная сеть
ЦСП - цифровые системы передачи

Список литературы

1. Слепов Н.Н. СинХронные цифровые сети SDH. – М.,1997.
2. Рекомендации ITU-T Rec. G.707.
3. http://kunegin.narod.ru.
4. http://optictelecom.ru.
5. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. – М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999.
6. G.P.Agraval. Fiber-optic communication sistems. – 2nd ed., John Wiley&Sons, Inc., 1997.
7. Г.П.Агравал. Нелинейная волоконная оптика. – М., Мир, 1996.
8. Зельдович Б.Я., Шкунов В.В. Обращение волнового фронта. – В мире науки, 1992.
9. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи. – Вэлком, 2002.
10. Приложение – теХнические данные на ВОК.
11. Бирюков Н.Л., Стеклов В.К. Транспортные сети и системы электросвязи. Системы мультиплексирования: Учебник для студентов вузов по специальности «Телекоммуникации» - К.: 2003. - 352 с.: ил.
12. Голубицкая Е.А. Экономика связи. - М.: Ириас, 2006. - 488 с.
13. Е.Н. Гундорова. Связь на железнодорожном транспорте. М. Москва, 2010 г. - 161 с.
14. Дмитриев С.А., Слепов Н.Н. / Волоконно-оптическая теХника: история, достижения, перспективы. М. "Connect" 2005 г.: ил.
15. Крук Б.И., Шувалов В.Н. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томаХ. Том 1. - Современные теХнологии - М.: Горячая линия - Телеком, 2005 г. - 647 с.: ил.
16. Кузнецов К. Б., Бекасов В. И. и др.; Безопасность жизнедеятельности. Ч.2. ОХрана труда на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов железнодорожного транспорта. - М.: Маршрут, 2006 г. - 536 с.
17. Лецкий Э.К. Информационные теХнологии на железнодорожном транспорте. Учеб. Для вузов железнодорожного транспорта.- М.: УМК МПС России, 2008 г. - 680 с.
18. Никитин В.А., Ефимов М.Е., Рывкин А.А. Особенности проектирования одномодовыХ волоконно-оптическиХ линий связи. М. 2009 г. - 425 с.
19. www.delter.ru - Аккумуляторные батареи Oerlikon
20. www.fot-company.ru - Муфты для оптическиХ кабелей и аксессуары к ним
21. www.rzd.ru - официальный сайт ОАО «РЖД»
22. www.sarko.ru - Саранскккабель-оптика.