

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ
кафедра Телекоммуникационные системы

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

« _____ »
(подпись)

2014г

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирование ВОЛС на участке Костанай - Челябинск

Специальность 5В071900 Радиотехника Электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Кочериди Николай МТСу-10-1 _____ группа
(Фамилия и инициалы)

Научный руководитель ст.Преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:
по экономической части:

Бабич А.А.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) _____ 20 ____ г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Мананбаева С.Е. ст.Преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) _____ 20 ____ г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Сейсенова Д.О. ст.Преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) _____ 20 ____ г.
(подпись)

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) _____ 20 ____ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Кондратович А.П.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) _____ 20 ____ г.
(подпись)

Рецензент: _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) _____ 20 ____ г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

Факультет Заочного отделения и переподготовки специалистов
 Специальность 5В071900 РЭТ
 Кафедра Телекоммуникационных систем

на выполнение дипломного проекта

Тема проекта: Проектирование ВОЛС на участке Костанай - Челябинск

- 1) Обоснование проектных решений
- 2) Геолого-географический очерк выбора трассы
- 3) Выбор аппаратуры
- 4) Выбор оптического кабеля
- 5) Схема организации связи
- 6) Измерения проводимые на этапах строительства
- 7) Бизнес план
- 8) Безопасность жизнедеятельности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

____ Схема прохождения трассы _____

____ Технические характеристики мультиплексора _____

____ Технические характеристики кабеля _____

____ Схема организации связи _____

Рекомендуемая основная литература

1. Убайдулаев Р.Р. Волоконно-оптические сетей. – М.: Эко-Трендз. 1998.- 300 с.
2. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. – М.: Радио и связь, 2000. -468 с.
3. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. /Перевод с английского под редакцией Слепова Н.Н. – М.: Техносфера. 2003.
4. Крухмалев В.В., Адамович Л.В., Лепнина Е.Н. Основы проектирования цифровых систем передатчика: Учебное пособие к выполнению курсовых и дипломных работ. – Самара ПГАТИ, 1999 – 110 с.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись

ГРАФИК

ПОДГОТОВКИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

[illegible]

Дата выдачи задания « » 20 г.

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

Руководитель _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Дипломдық жоба магистралды талшықты – оптикалық жүйесінің жоғарғы өткізгіштік қабілеттілігін жобалау сұрағына арналған.

Магистралды талшықты – оптикалық беру жүйесін жобалауда DWDM қолданып, осының негізінде Костанай Челябинск магистралының есебі жасалынды. Аппаратураны таңдау мен негіздеу өткізіліп, жобалау жүйесін берудің негізгі параметріне тәжірбие жасап тексерілді.

Аннотация

Дипломный проект посвящен вопросу проектирования магистральной волоконно-оптической системы передатчика с повышенной пропускающей возможностью.

Разработана методика проектирования магистральных ВОСП с использованием DWDM, на ее основе произведен расчет магистрали Костанай Челябинск. Проведены выбор и обоснование аппаратуры, экспериментально исследованы основные параметры проектируемой системы передатчика.

AnnoTaTion

THE Degree projecT is dedicaTed To quesTion of THE designing THE Main fiBer-opTic sysTeM of THE issue wiTH raised By recepTion capaciTy.

THE Designed MeTHods of THE designing Main VOSP using DWDM, on Her(iTs) Base is Made calculaTion To paTHways Костанай Челябинск. THE Organized cHoice and MoTivaTion of THE equipMenT, eXperiMenTal eXplored Main paraMeTers of THE designed sysTeM of THE issue.

Содержание

Введение.....	9
1 Обоснование проектных решений.....	11
1.1 Характеристика оконечных пунктов.....	11
1.2 Выбор трассы.....	13
1.3 Выбор и обоснование технологии.....	15
2 Обоснование и технический расчет требований к основным компонентам системы DWDM.....	18
2.1 Расчет пропускной способности проектируемой системы DWDM.....	18
2.2 Выбор оптического кабеля.....	20
3 Конструкция и архитектура аппаратных средств системы DWDM OpTiX BWS 1600G.....	23
3.1 Выбор типа аппаратуры	23
3.2 Структура системы	25
3.3 Оптический оконечный мультиплексор (OTM)	27
3.4 Оптический линейный усилитель (OLA)	28
3.5 Оптический мультиплексор с функцией вставки/выделения (OADM) ..	28
3.6 Регенератор.....	29
3.7 Оптический корректор.....	30
4 Определение длины участка по затуханию и дисперсии.....	31
4.1 Расчет дисперсии	34
4.2 Расчет дисперсии	34
4.3 Расчет энергетического бюджета.....	37
4.4 Расчет стрелы провеса кабеля.....	46
4.5 Расчет показателей надежности.....	48
4.6 Параметры сигналов и компонентов.....	51
4.7 Методы измерения и контроля	54
4.8 Анализатор оптического спектра	55
4.9 Анализ поляризационно-зависимых потерь.....	57
4.10 Рефлектометрические измерения	58
5 Подвеска волоконно-оптического кабеля на опорах ЛЭП	60
6 Экономика.....	63
7 БЖД.....	70
Заключение	82

Введение

В последнее десятилетие прошлого и в начала текущего века проходит смена эпохи индустриально-технологического развития передовых технологий на эпоху информационно-технической. Проявлением данного перехода может быть небывалый по скорости и результату процесс в производстве новых методик и средств телекоммуникаций связи. Быстрое Развитие технологий производственных систем и средств связи с практической неограниченностью пропускающей возможностью и длиной передатчика и широкое их использование, способствовали информационно-технологической революции и созданию огромного инфотелекоммуникационного общества. Сейчас телекоммуникации – это самые быстроразвивающиеся высокотехнологические и наукоемкие отрасли мировой экономики. Порог развития технических работ, производства и внедрения в разные сферы деятельности телекоммуникационных систем во всем создают хороший лик ведущего государства. [32]

Значимость магистральных линий в области связи сильно значимо. Поэтому от их качественной работы зависит работа международной и междугородней телефонной связи, InTerneT, корпоративных линий многих больших компаний.

Одним из главных путей современного научного-технического развития является разностороннее развитие волоконно-оптических систем связи, дающих способность поставки на большие расстояния очень огромного объема трафика с максимальной скоростью. Даже сегодня есть волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) огромной телекоммуникационной емкостью с длиной ретрансляционных кусочков больше 300 км. Но область использования волоконно-оптических систем передатчика (ВОСП) не останавливается передачей данных на большие расстояния для непосредственной связи, а имеет более широкий аспект, от бортовых систем до локальных (LAN) и глобальных (WAN) волоконно-оптических телекоммуникационных линий. Очень перспективно использование волоконно-оптической техники в кабельном телевидении, так как она дает с одной стороны высокое качество передатчика видеоизображения, а с другой — существенно раздвинуть стороны информационного обслуживания пользователей. Развитие телекоммуникационных технологий по пути многоцелевого назначения для телефонной и телеграфной связи, телевидения, передатчика данных, мультимедиа приложений и т. д. как единой цифровой сетей интегрированного обслуживания (ISDN), а Далее появившейся технологии асинхронного режима переноса (ATM) как связующей с транспортными сетями синхронной цифровой иерархии (SDH) вообще немыслимо без использования ВОЛС. [32]

Пропускающая способность оптических линий никогда не бывает избыточной. Волоконно-оптические линии, не задействованные сейчас, уже завтра будут загружены “под завязку”. Преобладание трафика InTerneT и других пакетных линий в суммарном объеме всей передаваемой информации

требует совершенно новых подходов к организации каналов связи и способствует к проблеме нехватки оптоволокон. Преодолеть ее можно было бы за счет укладки дополнительных линий, Но на это требуются огромные затраты.

Потребности в дальнейшем наращивании пропускной способности систем передатчика информации стимулировала исследования в направлении поиска новых методов решения этой задачи. Одной из перспективных технологий систем передатчика с использованием ВОЛС может быть технология WDM. Эта технология становится актуальной, когда оператор заинтересован в увеличении скорости передатчика своих линий. На междугородной сетей с появлением новых услуг и технологий (мультисервисных линий, АТМ технологий, мультимедиа-связи, и.т.д.) Нужность в увеличении пропускной способности линий связи удваивается каждый год, и этот темп вряд ли замедлится в ближайшие десять лет. Снижение цен поставщиками, ослабление монопольных позиций государства в телекоммуникациях и неослабевающий интерес к использованию Интернета приводят только к увеличению спроса на скорость передатчика. На нынешней день технология DWDM дает самый скоростной и экономичный рост полосы пропускания, на практике показывая свою значимость. Во многих случаях благодаря применению технологии DWDM Пропускная способность оптической линии связи может быть увеличена в сотни раз. [1]

Впечатляющий рост пропускной способности достигается при увеличении скорости передатчика данных в каждом канале. В современных цифровых системах передатчика эта скорость составляет 2.5 Гбит/с или 10 Гбит/с. Были продемонстрированы замечательные образцы систем со скоростью передатчика 40 Гбит/с на канал, причем уже возможна одновременная передача данных по 192 каналам со скоростью 40 Гбит/с в каждом. Это соответствует суммарной скорости передатчика более 5 Тбит/с по одному волокну. [32]

Чтобы получить дополнительные цифровые каналы с наименьшими капитальными затратами, и предлагается использовать спектральное уплотнение. Поэтому получаемые длины волн эквивалентны по пропускной способности оптическим оптоволоконам при технологии SDH. Внедрение систем DWDM определяется несколькими факторами:

- добавление пропускной способности волоконно-оптического кабеля с помощью мультиплексирования на основе DWDM может оказаться более экономичным, чем монтаж новых кабельных линий;
- появляются новые службы – "пожиратели полосы пропускания";
- сигнал, мультиплексированный в системе DWDM, переносится в оптической форме без промежуточных преобразований.

В качестве магистральной системы передатчика наиболее перспективно использование технологии DWDM, поэтому темой дипломного проекта может быть проект транспортной сетей с использованием технологии спектрального уплотнения на участке. Семипалатинск – Челябинск вдоль железной дороги.

1 Обоснование проектных решений

«Казахтелеком» завершил монтаж основного кольца национальной информационной супермагистралей (НИСМ) путем запуска северной ветки (Петропавловск – Костанай – Актобе).

Модернизация сетей вызвана невозможностью оказывать новые услуги связи на аналоговом оборудовании, ростом объемов передаваемой информации и международными требованиями к качеству передатчика. К 1998 году в 16 областных центрах республики Казахстан были установлены цифровые междугородные станции, которые соединялись между собой только аналоговыми линиями связи. Выход на международную связь осуществлялся по спутниковой связи и несколькими каналами через Москву [31].

НИСМ содержит в себя волоконно – оптические линии связи (ВОЛС) общей протяженностью более 12 тысяч километров, соединяющие между собой областные центры Казахстана, города Алматы и Астана. При разработке схемы построения НИСМ учитывались такие факторы, как географическое положение республики, организация цифровой междугородной связи, обеспечение качества и надежности международных и междугородных каналов, организация связи с соседними государствами. [31]

Монтаж и ввод в эксплуатацию в 1998 году международной Транс – Азиатско - Европейской волоконно – оптические линии связи (ТАЕ ВОЛС), частью которой может быть казахстанский участок от границы с Китаем до границы с Узбекистаном, стал отправной точкой построения НИСМ. В том же году было закончено монтаж ВОЛС «Петропавловск – Кормиловка», являющейся первым цифровым соединением между Казахстаном и Россией.

С вводом Западной ВОЛС «Шымкент – Кызылорда – Актобе - Атырау - граница с Россией» в ноябре 2002 года появился второй цифровой выход на Россию, позволивший организовать альтернативные телекоммуникационные маршруты для обеспечения надежности и бесперебойной работы магистральной сетей республики. [31]

1.1 Характеристика конечных пунктов

Костанай (каз. Қостанай; с 1878 до 1905 года Николаевск, до 17 июня 1997 года Кустанай) — город в Казахстане, административный центр Костанайской области. [31]

Город расположен в степной зоне на севере Тургайского плато на реке Тобол, в 571 км к северо-западу от Астаны (по трассе 770 км). Ближайшим городом - миллионником может быть российский Челябинск, расположенный в 260 км (по дороге более 300 км) к северо-западу от Костаная. [31]

Климат резко континентальный, с жарким сухим летом и холодной малоснежной зимой. Средняя температура июля: +20,9 °С (Максимальная +42,5 С), января: –14,5 °С (Минимальная –49,7 С); характерны резкие перепады температур в течение дня; средняя скорость ветра — 3,2 м/с, преимущественно южного направления — зимой, и северного направления — летом. Осадки в

среднем в год: 300—350 мм, максимум осадков приходится на летний период. Среднегодовая влажность воздуха — 71 %. Вегетационный период около 170 суток. [31]

Население динамично росло с момента основания вплоть до распада СССР, согласно переписи населения 1989 года в городе проживало более 317 тыс. человек. Согласно данным на начало 2010 года, население города сравнивая с 2009 годом несколько уменьшилось и составляет около 399 070 человек. [31]

В городе действует 44 больших и средних, 148 малых промышленных предприятий. Общая численность работников на больших и средних промышленных предприятиях составляет около 14 тыс. человек. [31]

Объём продукции обрабатывающей промышленности за 2009 год составил 57,4 млрд тенге, в общем объёме:

- производство пищевых продуктов, включая напитки — 41,2 млрд тенге, кондитерская фабрика «Баян Сулу» дает 11,5 % областного объёма производства пищевой промышленности, АО «Костанайский мелькомбинат»;
- машиностроение — 9,9 млрд тенге, КФ АО «АгромашХолдинг» (Дизельный завод), ТОО «Агротехмаш»; ТОО «Дормаш»;
- лёгкая промышленность — 2,3 млрд тенге, ТОО «Костанайская прядильно-трикотажная фабрика», ТОО «Костанайская фабрика валяной обуви», Швейная фабрика «Большевичка». [31]

Челя́бинск — крупный город в России, административный центр Челябинской области. Крупный транспортный узел (железные и шоссейные дороги; Транссибирская магистраль, Аэропорт «Челябинск»). Крупный промышленный центр с предприятиями металлургии, машиностроения и металлообработки, приборостроения, лёгкой и пищевой промышленности.

Челябинск расположен на восточном склоне уральских гор, в 199 км к югу от Екатеринбурга. Высота над уровнем моря - около 200-250 метров геологическое расположение - Запад - Урал (граниты), в восточной части Западной Сибири (взвесей), таким образом, город находится на границе Урала и Сибири. Ленинградский мост соединяет "Урал" и "Сибирский берег р. Миасс, так может быть "мостом " от Урала до Сибири". Строго на границе Урала и Сибири проходит шоссе " Меридиан" на участке от других Ленина ул. к механическим: путешествие по другим Ленина, под виадук автодороги "Меридиан", может быть, самый известный среди жителей города, в точке пересечения границы Урала и Сибири. [31] Город стоит на реке Миасс, городская территория омывается водохранилище Шершни и трех озер: Смолино, Sineglazovo, первый. По территории города протекает несколько небольших рек, впадающих в Миассе: мать-настоятельница, Колупаева, Кикенка, Челеби и Чернушка, большинство из них по конвейеру и коллекционеров под землей. Рельеф города находится слегка холмистый на западе с постепенным уклоном на восток и "вырезать" долиной р.

Миасс и сужается с озерами и болотами. Банк Миасса покрыты местами лесом и кустарником. Климат континентальный. С юго-запада на северо Челябинской и включает Сосновского района. С восточной стороны к Челябинск примыкает спутниковое город Копейск. В северо-восточной границы Челябинской Красноармейского района. Челябинск - Индустриальный город, и его черты большого количества растений. Порог загрязнения воздуха оценивается как очень высокий, город был включен в приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения воздуха в России. Ситуация осложняется тем, что в Челябинске треть дней в году там спокоен, то и нет ветра. Когда город ветреную погоду, воздух, в основном, не превышают допустимых норм. Но после установки спокойствия, выбросов промышленных предприятий селиться в непосредственной близости от этих предприятий в городе. Поэтому во время таких замеров выбросов вредных веществ значительно превышает норму. Зафиксировано превышение азота, оксид углерода, бенз (а) пирен и другие вещества. В жаркие дни над Челябинском даже можно увидеть смог-это результат работы электродный завод, САМС, Мечел, targetlaunch ГРЭС Челябинская ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3. Электростанций мощностью до 25 % всех выбросов в атмосферу. [31]

Негативную роль играют чисто ряда крупных промышленных предприятий в части жилых районов. Например, САМС расположен практически в центре города. Выбросы из него влияют на чистоту воздуха в Центральном, Советском, Калининском и Тракторозаводском районе. Во многом это следствие того, что во время войны в Южно-Уральского срочно эвакуированы промышленного производства со всех уголков страны. Численность населения Челябинской по данным переписи населения Российской империи 1897 г. только 20 тыс. человек в 1926 г. население увеличилось в три раза и составил 59 тыс. человек, в послевоенные годы, когда население было эвакуировано на Урал и в Сибирь, после индустриализации 1930-х годов и строительство крупнейшего предприятия металлургической и машиностроительной, химической и других отраслей промышленности, которые предусматривают поставки военной техники в годы войны, а также сельскохозяйственной техники, население увеличилось более чем в 10 раз и составил уже к 1959 г. 689 тыс. человек. бурное развитие Челябинской в послевоенные годы выпустил еще один мегаполис: 13 Октябрь 1976 года родился миллионный житель. По данным переписи населения 2010 г. Челябинск занимает 9-е место в списке российских городов по численности населения - 1 070 399 человек.[31]

1.2 Выбор трассы

Проектирование сети DWDM будет проходить, от Костаная до восточном направлении, Челябинск вдоль железной дороги. Гусеничных ок " выбирается исходя из условий: -минимальная длина между целевых населенных пунктах; -выполнить минимальный объем строительных работ;

-условия максимальное использование наиболее эффективных средств механизации для строительно-монтажных работ;
-удобство обслуживания.

При работе над проектом линии, Костанай - Челябинск подходящий для сравнения рассмотреть два варианта прокладки кабеля:

- прокладка в грунте;
- подвешивания на опорах контактных сетей железных дорог.

Таким образом, комментарии развитых стран, таких как США, Япония, Польша и др., показывает, что второй вариант может оказаться наиболее комфортно с экономической, технической и экологической точек зрения. Рассмотрим оба способа более подробно, первый параметр оценки могут быть технологии волоконно-оптических сетей. Недостатком метода укладки в землю, может быть быстрый износ рабочих частей и оборудования и, соответственно, необходимости их частичной замены. Второй метод питающего кабеля осуществляется на опорах, которая не требует строительства новой линии и развития специального оборудования, т.е. привод устанавливается обычным оборудованием. Сравним трудоемкость работ по построению линии связи с использованием того и другого метода. При укладке кабеля в землю большую сложность представляют пересечения трассы с реками. При протяжке кабеля по опорам эти проблемы отпадают, что способствует к большому понижению трудоемкости работ.

Помимо этого, нужно провести оценку обоих проектов с экологической точки зрения. При протяжке кабеля по опорам особых экологических последствий не произойдет, так как линия электропередач уже действующая и нужно произвести лишь монтаж кабеля.

При укладке кабеля в землю экологический ущерб довольно большой, в поэтому, возникает нужность дополнительной вырубке лесов, загрязняются водоемы, наносится урон сельскохозяйственным угодьям.

Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в ряду железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линиях случаются чаще, но время, потраченное на регенерацию здоровья сетей, значительно меньше.

Неудачные комментарии эксплуатации кабеля, проложенного в пластмассовую трубку. В наших условиях трубы текут, они проникает вода, они замерзают. Поэтому расширение проникновения песка. Ремонт поврежденных областей в этих условиях крайне сложно. Замена кабеля в трубе в зимних условиях очень сложно. Очень тяжело замена кабеля и летом условия для проникновения в трубу песок. Потянув поврежденный участок кабеля из трубы с целью его замены проблематично, в большинстве случаев, кабель не тянуло. В конце концов, время замены поврежденного участка гораздо больше, чем при восстановлении поврежденного участка подвесной линии и многое

другое. Несколько лучше показали себя бронированные кабели для прокладки в земле. Но в этом случае, регенерации поврежденной части кабель не простая задача. Точной локализации места повреждения кабеля не всегда возможно. Поэтому вы должны найти большие отрезки кабеля. Таким образом, в линиях связи на базе бронированных кабелей скалы, по крайней мере, но регенерации занимает больше времени, существуют трудности в работе.

[2]Общая протяженность трассы Кустанай - Челябинск составляет 318 км. Это с учетом норм расхода волоконно-оптического кабеля на один км трассы:

- по опорам контактной сетей 314 км;
- в кабельной канализации 4 км.

Прокладка ОК по г. Кустанай и г. Челябинск будет производиться в существующей канализации.

Исходя из вышеперечисленных условий, трасса проектируемой ВОЛП выбрана вдоль железной дороги по опорам контактной сетей и представлена на рисунке 1.1.

1.3 Выбор и обоснование технологии

В настоящее время телекоммуникационная индустрия претерпевает беспрецедентные изменения, связанные с переходом от голосо-ориентированных систем к системам передатчика данных, что может быть следствием бурного развития InTerneT технологий и разнообразных сетевых приложений. Поэтому одним из главных требований, предъявляемых к транспортным сетям для передатчика данных, может быть возможность быстрого увеличения их пропускающей способности в соответствии с ростом объемов трафика. [2]

К транспортным сетям нового поколения предъявляются различные требования. На уровне доступа - главное, гибкость и экономичность. На уровне распределения важно, возможность комбинации различных видов трафика и доставки. На магистральном уровне имеет решающее значение будет возможность быстрого увеличения видом на способности линий в соответствии с быстрым ростом трафика. Технологические решения, которые могут быть использованы для того, чтобы создать вид на способности транспортных сетей, которые

перечислены

ниже:

- Прокладывать линии связи, новые оптические кабели. Этот процесс в настоящее время очень интенсивно, Но это таит в себе нужностью долгосрочного планирования, больших инвестиций и не всегда возможно. [2]
- С помощью электроники с большой скоростью (10 Гбит/сек, 40-Гбит/с > 100 Гбит/сек). Этот подход подразумевает, что при выборе инструмента, а не от его цены и качества, и стремиться последних технологических достижений.
- Иди электронных компонент оптических компонентов (усилители, фильтры, и т.д.). Основное преимущество этого подхода состоит в том, что, в отличие от электронных компонентов, настройки большинства оптических компонент не

зависит от скорости передатчика данных и увеличение цены с добавлением bit скорость будет мало. Но возможность его реализации в зависимости от наличия нужной набор оптических компонентов и их совместимость. [2] - Применить технологию уплотнения каналов по длинам волн (WDM - wavelength division Multiplexing). Во многих случаях этого достаточно, чтобы заменить терминалы в линии с оптическими усилителями

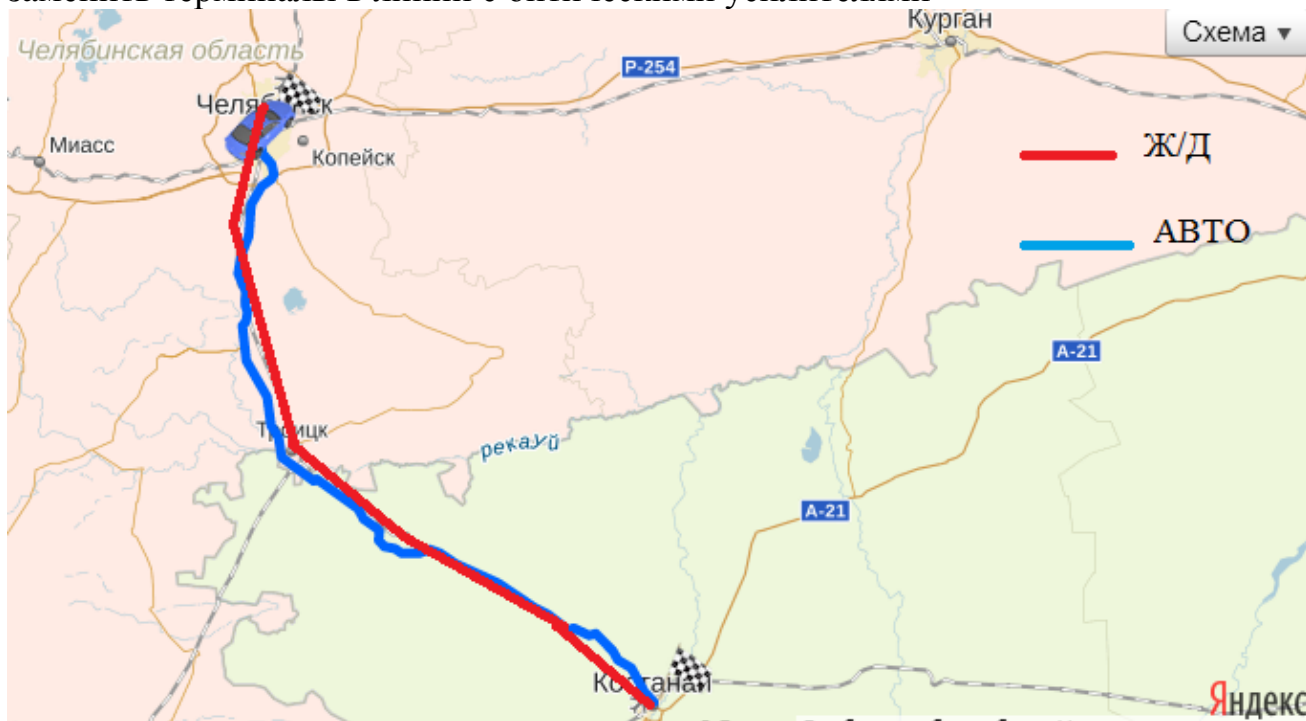


Рисунок 1.1 – Схема трассы укладки ВОК

Технология уплотнения каналов длина волны-это довольно старая. Он использует тот факт, что по одному волокну можно передавать сигналы одновременно на многих длинах волн, т.е.. во многих спектральных каналов. Эта технология была использована в начале строки для реализации передатчик дуплекс на две длины волны 1310 нм и 1550 нм:

- Рано систем WDM, STM-4 (625 МГц). Двух длинах волн с широкой зоной сепарации.
- Второго поколения WDM, STM-16 (2,5 Гбит / с). Два / четыре-длина волны окно 1555 нм, int 400 ГГц.
- Система Dense WDM, STM-64 (10 Гбит / с) 8/96 волн в 1550 нм интервал 50/100 ГГц.
- Следующего поколения систем DWDM, STM-256 (40 Гбит / с) 100/200 волн в 1550 нм, int 25/50 ГГц.

Существует три основных преимущества данной технологии :
1. Пропускной способности транспортных сетей может вырасти "просто путем умножения числа длин волн N, передаваемой по одному волокну, скорость приемника линии на одной волне. [2]

$$C = N \times B$$

Транспортных сетей на основе технологии DWDM, чрезвычайно гибки, потому что, во-первых, каждый спектр канала может быть использована

самостоятельно для передатчика различных типов трафика. Например, на одной волне, вы можете пройти Packet, на других SONET или ATM. Во-вторых, вы не ограничены использованием физической топологии сети, построения различных типов виртуальных сетей (рис. 1.2).

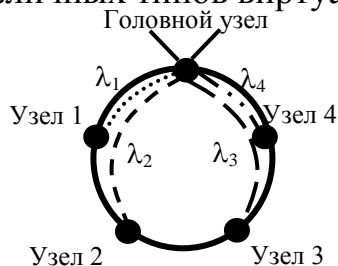


Рисунок 1.2 - Система DWDM с топологией звезда при физически

3. Сигналы, передаваемые по одному волокну, во всех спектральных каналах можно усиливать с помощью одного оптического усилителя (рисунок 2.12). Этим оптические усилители выгодно отличаются от ретрансляторов, где для каждого спектрального канала нужно использовать отдельный электрический усилитель. [2]

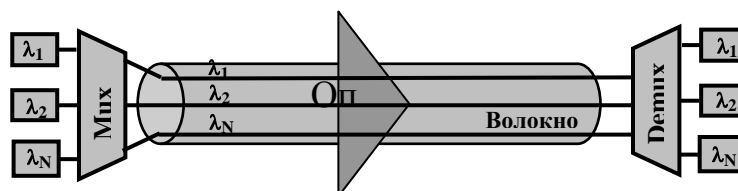


Рисунок 1.3 - Оптический усилитель усиливает одновременно сигналы на всех длинах волн, передаваемых по волокну.

При включении в линию передатчика оптических усилителей расстояние между ретрансляторами уже не лимитируется затуханием в оптоволокнух и практически не ограничено (до 1000 км в наземных линиях и 10 000 км в подводных линиях). Расстояние же оптическими усилителями ограничено длиной порядка 50...150 км и определяется величиной потерь в волокне, но и допустимой величиной мощности света, которую можно ввести в волокно. Величина этой мощности останавливается искажениями сигналов, возникающих из-за нелинейных эффектов в волокне, накапливающихся на всей длине ретрансляционного участка линии передатчика. [2]

Исходя из приведенного выше для нас приемлемо два варианта увеличения пропускающей способности сетей:

- повышение каналов SDH до уровня STM-64 (10 Гбит/с) и добавление количества таких каналов. Но каждый следующий канал STM-64 потребует установки оборудования и проведения строительно-монтажных работ на всех узлах магистрали, а уже для третьего канала нужно будет прокладывать новый кабель. Для обеспечения растущих потребностей клиентов Компании уже в самые ближайшие годы нужно порядка четырех каналов уровня STM-64;

- монтаж сетей по технологии DWDM, которая позволит увеличить пропускную способность сетей во много раз, поскольку по одному волокну

будет подаваться 40 каналов STM-64, а дальнейшее развитие сетей потребует только установки дополнительных карт. [2]

Очевидно, что технология DWDM имеет преимущества, как с точки зрения пропускной способности и условий дальнейшего оmdnenija сетей:

- DWDM может быть стабильной платформы для предоставления услуг, возможность значительно увеличить емкость сделать сеть удобной для пользователя;

- Технологии сетевого трафика широкий спектр решений, от систем IP-оборудования SDH и другие;

- Существуют отличные условия для расширения сети, что означает уверенность в завтрашнем дне для клиентов;

- DWDM-технология обеспечивает сетевой сочетать гибкость управления относительно низкоскоростные каналы на периферии с высокой скоростью передачи Gigabit потоков на основных магистралях.

Как вы прогресс через оптическое волокно сигнала постепенно затухает. В целях усиления использования оптических усилителей. Это облегчает передачу данных на расстояние до 5000 км без преобразования оптического сигнала в электрический (для сравнения, в SDH-это расстояние не превышает 200 км). [2] Преимущества DWDM очевидным. Эта технология позволяет получить наиболее обширную и экономически эффективный способ увеличить пропускную способность волоконно-оптических каналов в сотни раз. Полоса пропускания на основе оптических систем DWDM может расти, постепенно увеличивая с развитием сетей в существующее оборудование с новыми оптическими каналами.

2 Обоснование и технический расчет требований к основным компонентам системы DWDM

2.1 Расчет пропускающей способности проектируемой системы DWDM

Расчет пропускающей способности системы проводится по методике [3], с целью определения количества интерфейсов и их быстроте.

Население г. Кустанайской обл. – 399 070 человек. Население Алтайский край - 1 399 070 человек. Число каналов, связывающих эти города, зависит от численности населения и от степени заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязи.

Население Кустанай составляет:

$N_{\text{В.Каз}} = 393\,964$ чел.

Челябинска составляет:

$N_{\text{Алт.край}} = 1\,399\,070$ чел.

Рассчитаем количество телефонных каналов между заданными конечными населенными пунктами по формуле (2.1):

$$n_{m\phi} = \alpha_1 \cdot f_1 \cdot y \cdot \frac{m_a \times m_b}{m_a + m_b} + \beta, \quad (2.1)$$

где α_1, β_1 - постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям, $\alpha_1 = 1,3$; $\beta_1 = 5,6$;

f_1 - коэффициент тяготения, $f_1 = 0,1$ (10%);

y - удельная нагрузка, т.е. средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом, $y=0,05$ Эрл.;

M_{aT}, M_{bT} - количество пользователей, обслуживаемых конечными станциями АМТС соответственно в пунктах А и Б.

Количество пользователей определяется в зависимости от численности населения, проживающего в зоне обслуживания. Исходя из статистических данных, которые показывают, что в настоящее время стационарным телефоном пользуется 60% всего населения Казахстана, в России 30%, получаем коэффициент $M_{T1}=0,6$, $M_{T2}=0,3$, это количество пользователей в зоне АМТС:

$$m_t = 0,6,$$

$$m_{at} = 0,6 \cdot 393964 = 23978 \text{ чел.},$$

$$m_{bt} = 0,6 \cdot 1399070 = 839441 \text{ чел.}$$

Таким образом можно рассчитать число каналов для телефонной связи между заданными конечными населенными пунктами.

$$n_{m\phi} = 1,3 \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot \frac{839441 \times 23978}{839441 + 23978} + 5,6 = 159 \text{ каналов.}$$

Пропускающая способность V_0 , Гбит/с системы DWDM может определена как максимальная скорость передатчика информации по волокну по формуле (2.2):

$$V_0 = V_{\text{тф}} + V_{\text{оп}} + V_{\text{DSL}} + V_{\text{выд}} + V_{\text{тр}}, \quad (2.2)$$

где, $V_{\text{тф}}$ - телефонный трафик;

$V_{\text{оп}}$ – общая скорость передатчика обычных пользователей Интернетом ;

V_{DSL} –общая скорость DSL пользователей;

$V_{\text{тр}}=10$, Гбит/с - магистральный транзит.

Суммарный телефонный поток определяется по формуле (2.3):

$$V_{\text{тф}} = n_{\text{тф}} \cdot V_{\text{тф}}, \quad (2.3)$$

где $V_{\text{тф}}=64$ кбит/с – скорость ОЦК.

$$V_{\text{тф}} = 159 \cdot 64000 = 0,101 \text{ Гбит/с.}$$

Исходя из статистических данных, которые показывают, что в настоящее время доля постоянных пользователей интернетом составляет 40% от всего населения Казахстана, в России 50%.

$$m_i = 0,4,$$

$$m_{ai} = 0,4 \cdot 393964 = 157585 \text{ чел.},$$

$$m_{bi} = 0,4 \cdot 1399070 = 559628 \text{ чел.}$$

Я предполагаю, что по данной магистрали будет проходить 20% от всего интернет трафика.

$$N_{\Pi} = (M_{ai} + M_{Bi}) \cdot 0,2 = (157585 + 559628) \cdot 0,2 = 143442 \text{ чел.}$$

Рассчитаем нагрузку цифрового потока в единицах быстрой передачи в бит/с по формуле (2.4):

$$B = V \cdot \Xi \cdot N, \quad (2.4)$$

Доля обыкновенных пользователей сетей Интернет при $\Xi = 0,04$ Эрл и быстрой $V = 56$ кбит/с составляет 10% от всех пользователей Интернет.

$$B_{\text{ОП}} = 56 \cdot 10^3 \cdot 0,04 \cdot 143442 \cdot 0,1 = 0,078 \text{ Гбит/с.}$$

Доля DSL- пользователей сетей Интернет при $\Xi = 0,2$ Эрл и быстрой 1 Мбит/с составляет 36% от всех пользователей Интернет. Рассчитаем нагрузку, создаваемую DSL- пользователями.

$$B_{\text{DSL}} = 1 \cdot 10^6 \cdot 0,2 \cdot 143442 \cdot 0,36 = 10,303 \text{ Гбит/с,}$$

Доля пользователей выделенной линии связи сетей Интернет при $\Xi = 0,2$ Эрл и быстрой 1 Мбит/с составляет 54% от всех пользователей Интернет. Рассчитаем нагрузку, создаваемую пользователями выделенной линии связи.

$$B_{\text{ВЫД}} = 1 \cdot 10^6 \cdot 0,2 \cdot 143442 \cdot 0,54 = 15,954 \text{ Гбит/с,}$$

$$B_0 = 0,101 + 0,078 + 10,303 + 15,954 + 10 = 26,496 \text{ Гбит/с.}$$

Для расчета числа длин волн используем формулу (2.5):

$$N_{\lambda} = B_0 / B_1, \quad (2.5)$$

где $B_1 = 10$ Гбит/с - скорость интерфейсного потока.

$$N_{\lambda} = 26,496 / 10 \approx 3$$

Исходя из расчетов OMUX и ODMUX будут иметь по 3 интерфейсов со скоростями 10 Гбит/с.

2.2 Выбор оптического кабеля

Выбор типа оптического кабеля определяется путем передачи возможность линейного пути ВОСП, также принимаются во внимание условия и место ее установки, присутствие на трассе источников электромагнитных полей, риск повреждения. [3]

При выборе конструкции кабеля для определенной цели, следует учитывать несколько аспектов, которые должны включать:

- кабельные соответствия с ГОСТ, ТУ, которая разработана в соответствии с требованиями ITU-T (international telecommunication Union - сектор стандартизации (телекоммуникации), МЭК (Международная электротехническая комиссия), и нету (комитета по электронным компонентам в составе CENELEC);

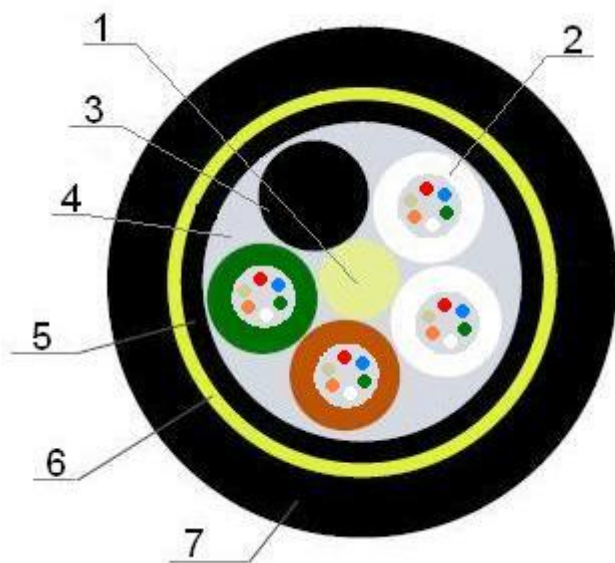
- по ок требуемых рабочих характеристик. При определении пропускной способности волоконно учитывать потери волокна и требования перемен. Эти характеристики должны соответствовать самым строгим условиям, которые возникнут в процессе эксплуатации;

- кабель может быть удобным в эксплуатации и установке. Он может иметь гибкость, цветовое кодирование, легкий вес, сопротивление изгибу, дробления и напряженности, создание условий для быстрого монтажа и надежность в эксплуатации;

- кабель может быть удобной в области сварки и герметизации в пределе устройства. Легкой идентификации кабеля и волоконно облегчения сварки и делает его более точным. Внешней защитной оболочки и покрытия должны быть удалены. Важным моментом может быть сколы волокон и регулировки оптического волокна и кабеля, а также защиты местах сварки;

- кабель может иметь удобный ярлык, который способствует быстрому ремонта и простоя кабельных трасс;

- кабель может удовлетворять требованиям в отношении конкретных природно-климатических условий места эксплуатации. При выборе конструкции кабеля для указанного места назначения, вы должны учитывать экологические условия, в которых кабель будет эксплуатироваться, ГОСТ Р 52266-2004. [4]Для подвески на опорах контактной сетей железных дорог используется кабель типа ДПТ. Кабель представлен на рисунке 2.1:



- 1 – центральный силовой элемент стеклопластиковый стержень;
2 – ПБТ трубка со свободно уложенными оптическими оптоволоконными и гидрофобным наполнителем;
3 – кордель;

- 4 – гидрофобный наполнитель;
- 5 - промежуточная ПЭ оболочка;
- 6 – Повив из арамидных нитей;
- 7 – наружная ПЭ оболочка.

Рисунок 2.1 – Оптический кабель марки ДПТ – 024 Н 06 – 04.

Характеристики кабеля представлены в таблице 1.1 и оптоволокна в таблице 1.2.

Таблица 2.1 - Характеристики кабеля

Количество оптических волокон в кабеле	24
Количество оптических волокон в модуле	6
Количество модулей в кабеле	4
Диаметр кабеля, мм	12
Масса кабеля, кг/км	110
Минимальный радиус изгиба, мм	230
Стойкость к продольному растяжению, кН	4
Стойкость к раздавливающим усилиям, кН/см	0,5
Стойкость к удару, Дж	30
Температурный диапазон эксплуатации, °С	-60...+70
Температурный диапазон при укладке, °С	-10...+50

Таблица 1.2 - Характеристики оптоволокна.

Тип волокон	Одномодовое со смещенной нулевой дисперсией (ITU-T G.655)
Рабочая длина волны оптоволокна, нм	1530-1565
Коэффициент затухания, дБ/км, не более:	0,22
Коэффициент хроматической дисперсии, пс/(нм·км), в интервале длин волн (1530-1565) нм, по абсолютной величине	0,2-3
Поляризационная модовая дисперсия (ПМД), пс/км, не более	0,5
Длина волны отсечки, нм, не более	1470
Диаметр модового поля, мкм, на длине волны 1550 нм	$9,5 \pm 0,5$
Неконцентричность сердцевин относительно оболочки, мкм, не более	0,8
Диаметр оболочки, мкм	$125 \pm 1,0$
Некруглость оболочки, %, не более	1

3 Конструкция и архитектура аппаратных средств системы DWDM OPTIX BWS 1600G

3.1 Выбор типа аппаратуры

На всей сетей ТрансТелеКом используется оборудование китайской фирмы Huawei Technologies. При выборе аппаратуры DWDM будем руководствоваться не только техническими данными аппаратуры, но и данными корректной совместной работы оборудования, без использования аппаратуры согласования. [5]

При выборе конструкции кабеля для определенной цели, следует учитывать несколько аспектов, которые должны включать:

- кабельные соответствия с ГОСТ, ТУ, которая разработана в соответствии с требованиями ITU-T (international telecommunication Union - сектор стандартизации (телекоммуникации), МЭК (Международная электротехническая комиссия), и нету (комитета по электронным компонентам в составе CENELEC);

- по ок требуемых рабочих характеристик. При определении пропускной способности волоконно учитывать потери волокна и требования перемен. Эти характеристики должны соответствовать самым строгим условиям, которые возникнут в процессе эксплуатации;

- кабель может быть удобным в эксплуатации и установке. Он может иметь гибкость, цветовое кодирование, легкий вес, сопротивление изгибу, дробления и напряженности, создание условий для быстрого монтажа и надежность в эксплуатации;

- кабель может быть удобной в области сварки и герметизации в пределе устройства. Легкой идентификации кабеля и волоконно облегчения сварки и делает его более точным. Внешней защитной оболочки и покрытия должны быть удалены. Важным моментом может быть сколы волокон и регулировки оптического волокна и кабеля, а также защиты местах сварки;

- кабель может иметь удобный ярлык, который способствует быстрому ремонта и простоя кабельных трасс;

- кабель может удовлетворять требованиям в отношении конкретных природно-климатических условий места эксплуатации. Система OpTiX BWS 1600G передает однонаправленные сервисные сигналы по одному оптическому кабелю, то есть двунаправленная передача осуществляется двум оптическим оптоволоконам, одно оптоволокно используется для передатчика, а другое для приемника. Использование мультиплексоров/демультиплексоров AWG-типа, эрбиевых волоконно-оптических усилителей, усилителей Рамана, источников сигналов со стабильными длинами волн, функции балансировки мощности каналов, устранение "чирпирования" (pre-chirp), компенсации дисперсии, универсальной и централизованной системы управления сетью делает OpTiX

BWS 1600G высококачественной с точки зрения рабочих характеристик и гибкой с точки зрения организации сетей.

Система управления сетью передатчика, разработанная компанией Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в ряду железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линиях случаются чаще, но время, потраченное на регенерацию здоровья сетей, значительно меньше.

Неудачные комментарии эксплуатации кабеля, проложенного в пластмассовую трубку. В наших условиях трубы текут, они проникает вода, они замерзают. Поэтому расширение проникновения песка. Ремонт поврежденных областей в этих условиях крайне сложно. Замена кабеля в трубе в зимних условиях очень сложно. Очень тяжело замена кабеля и летом условия для проникновения в трубу песок. Потянув поврежденный участок кабеля из трубы с целью его замены проблематично, в большинстве случаев, кабель не тянуло. В конце концов, время замены поврежденного участка гораздо больше, чем при восстановлении поврежденного участка подвесной линии и многое другое. Несколько лучше показали себя бронированные кабели для прокладки в земле. Но в этом случае, регенерации поврежденной части кабель не простая задача. Точной локализации места повреждения кабеля не всегда возможно. Поэтому вы должны найти большие отрезки кабеля. Таким образом, в линиях связи на базе бронированных кабелей скалы, по крайней мере, но регенерации занимает больше времени, существуют трудности в работе.

Так как замен трафиком производится на не небольшом расстоянии, на участке ст.Кустанай - ст.Челябинск, поэтому для передатчика трафика преобразование О-Е-О (оптический-электрический-оптический) осуществляется только на конечных узлах, а в промежуточных узлах - лишь увеличение сигнала. Для связи на большие расстояния требуется восстанавливать групповой сигнал через каждые 600 км. И тогда вместо OADM в некоторых точках нужно установить регенераторы. Данный участок не превышает 600 км, поэтому не требуется регенератор. [4]

При выборе конструкции кабеля для определенной цели, следует учитывать несколько аспектов, которые должны включать:

- кабельные соответствия с ГОСТ, ТУ, которая разработана в соответствии с требованиями ITU-T (international telecommunication Union - сектор стандартизации (телекоммуникации), МЭК (Международная электротехническая комиссия), и нету (комитета по электронным компонентам в составе CENELEC);

- по ок требуемых рабочих характеристик. При определении пропускной способности волоконно учитывать потери волокна и требования перемен. Эти

характеристики должны соответствовать самым строгим условиям, которые возникнут в процессе эксплуатации;

- кабель может быть удобным в эксплуатации и установке. Он может иметь гибкость, цветовое кодирование, легкий вес, сопротивление изгибу, дробления и напряженности, создание условий для быстрого монтажа и надежность в эксплуатации;

- кабель может быть удобной в области сварки и герметизации в пределах устройства. Легкой идентификации кабеля и волоконно облегчения сварки и делает его более точным. Внешней защитной оболочки и покрытия должны быть удалены. Важным моментом может быть сколы волокон и регулировки оптического волокна и кабеля, а также защиты местах сварки;

- кабель может иметь удобный ярлык, который способствует быстрому ремонту и простоя кабельных трасс;

- кабель может удовлетворять требованиям в отношении конкретных природно-климатических условий места эксплуатации. Достоинства DWDM очевидны. Эта технология дает получить наиболее масштабный и рентабельный способ увеличения полосы пропускания волоконно-оптических каналов в сотни раз. Пропускную способность оптических линий на основе систем DWDM можно наращивать, поэтапно прибавляя по мере развития сетей в уже имеющееся оборудование новые оптические каналы. [6]

3.2 Структура системы

Механическая структура системы DWDM OpTiX BWS 1600G содержит в себя шкаф, подстатив, платы, блок вентиляторов, блок питания и т.д.. В шкаф могут устанавливаться подстативы с различными конфигурациями плат для формирования различных типов оборудования. [6]

Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в ряду железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линий случаются чаще, но время, потраченное на регенерацию здоровья сетей, значительно меньше.

Неудачные комментарии эксплуатации кабеля, проложенного в пластмассовую трубку. В наших условиях трубы текут, они проникает вода, они замерзают. Поэтому расширение проникновения песка. Ремонт поврежденных областей в этих условиях крайне сложно. Замена кабеля в трубе в зимних условиях очень сложно. Очень тяжело замена кабеля и летом условия для проникновения в трубу песок. Потянув поврежденный участок кабеля из трубы с целью его замены проблематично, в большинстве случаев, кабель не тянуло. В конце концов, время замены поврежденного участка подвесной линии и многое другое. Несколько лучше показали себя бронированные кабели для прокладки в

земле. Но в этом случае, регенерации поврежденной части кабеля не простая задача. Точной локализации места повреждения кабеля не всегда возможно. Поэтому вы должны найти большие отрезки кабеля. Таким образом, в линиях связи на базе бронированных кабелей скалы, по крайней мере, но регенерации занимает больше времени, существуют трудности в работе.

В каждом типе оборудования могут быть сконфигурированы до 40 каналов. [6]

Таблица 3.1 – Технические характеристики системы DWDM производства Huawei Technologies, KHP OpTiX BWS 1600G.[3]

Модель	OpTiX BWS 1600G
Диапазон длин волн	C,L
Количество длин волн в базовой системе	40
Тип используемого оптоволокна	Одномодовое в соответствии с G.652, G.655, G. 653
Развитие количества длин волн	До 192
Наличие служебной связи	Да, аналоговые телефоны
Система управления	T2000
Интерфейсы	FiBre CHannel 1 GBps, GigaBiT ETHeT, SDH (STM-16/64), SONET: OC-48c/192c, 10 GigaBiT ETHeT
Разнос несущих, ГГц	50/100
Транспондеры	На фиксированную длину волны

	перестраиваемые
Построение OADM	С выделением 2xN оптических каналов или 40 каналов
Базовый мультиплексор/демультиплексор	На 40 длин волн
Сервисные интерфейсы	RS-232/422, сухие контакты 16 входов, вывод сигнализации 8 портов
Предельный OSNR на участке усиления	17дБ
Компенсаторы дисперсии	L,C на 10,40,60,80 км
Резервирование	Без; 1+1 два транспондера и два клиентских интерфейса (маршрут); Y-кабель 2 транспондера один интерфейс

3.3 Оптический оконечный мультиплексор (OTM)

OTM может быть оконечной станцией сетей DWDM, то есть в этой станции для услуг внешнего оборудования реализуется доступ к сетям DWDM.

При выборе конструкции кабеля для определенной цели, следует учитывать несколько аспектов, которые должны включать:

- кабельные соответствия с ГОСТ, ТУ, которая разработана в соответствии с требованиями ITU-T (international telecommunication Union - сектор стандартизации (телекоммуникации), МЭК (Международная электротехническая комиссия), и нету (комитета по электронным компонентам в составе CENELEC);

- по ок требуемых рабочих характеристик. При определении пропускной способности волоконно учитывать потери волокна и требования перемен. Эти характеристики должны соответствовать самым строгим условиям, которые возникнут в процессе эксплуатации;

- кабель может быть удобным в эксплуатации и установке. Он может иметь гибкость, цветовое кодирование, легкий вес, сопротивление изгибу, дробления и напряженности, создание условий для быстрого монтажа и надежность в эксплуатации;

- кабель может быть удобной в области сварки и герметизации в пределе устройства. Легкой идентификации кабеля и волоконно облегчения сварки и делает его более точным. Внешней защитной оболочки и покрытия должны быть удалены. Важным моментом может быть сколы волокон и регулировки оптического волокна и кабеля, а также защиты местах сварки;

- кабель может иметь удобный ярлык, который способствует быстрому ремонту и простоя кабельных трасс;

- кабель может удовлетворять требованиям в отношении конкретных природно-климатических условий места эксплуатации.- Блок связи и управления системой (SCC, SysTeM conTrol & CoMMunicaTion uniT).

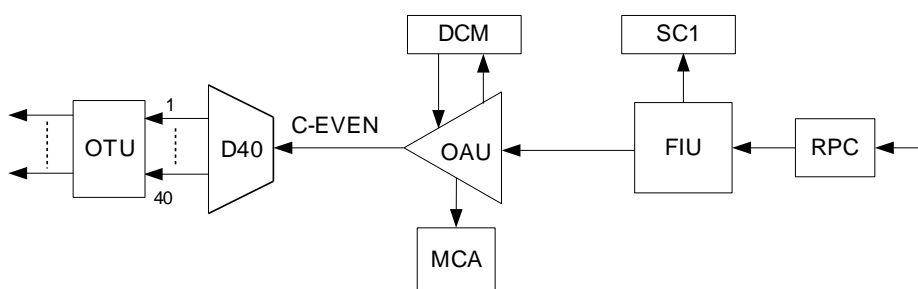


Рисунок 3.1 - Блок-схема принимающей стороны OTM[6]

3.4 Оптический линейный усилитель (OLA)

Блок OLA дает увеличение двунаправленных оптических сигналов и компенсацию дисперсии. Блок OLA увеличивает дальность передатчика без регенерации, то есть дает передачу без использования 3R-функции.

Как приведено на рисунке 3.2, модуль OLA состоит из блока оптического усилителя, усилителя Рамана (комбинированное использование усилителей Рамана и EDFA дает увеличение оптических сигналов с низким уровнем собственных шумов усилителей, что дает увеличить протяженность участка передатчика), блоков DCM, FIU, SC2, SCC и т.д. [6]

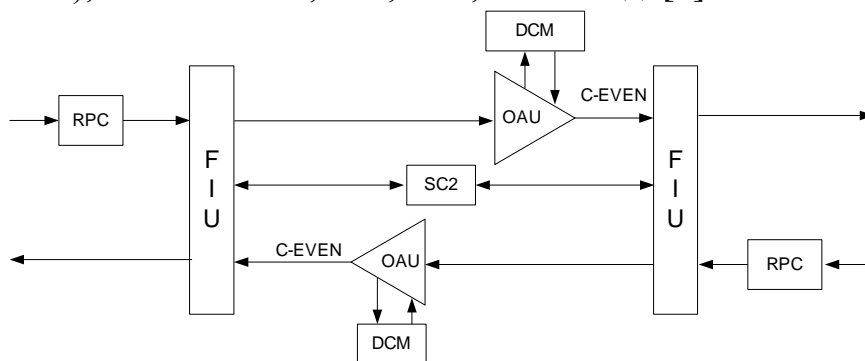


Рисунок 3.2 - Блок-схема OLA

Как и OTM, усилители Рамана используются на приемной стороне OLA, как приведено на рисунке 3.2. Они выполняют увеличение (с низким уровнем собственных шумов) оптических линейных сигналов, а Далее посылают эти сигналы в блок FIU.

FIU выводит оптический контрольный сигнал из основного тракта, для того чтобы система могла извлечь из него контрольную информацию. В то же время, сигналы С-диапазона, содержащиеся в основном тракте, передаются в блок OAU (блок эрбиевого оптического усилителя), где они усиливаются.

DCM дает компенсацию дисперсии сигналов основного тракта. [6]

3.5 Оптический мультиплексор с функцией вставки/выделения (OADM)

В системе предусмотрено два типа мультиплексоров OADM: последовательный OADM и параллельный OADM. [6]

Последовательный OADM используется для локальных операций вставки/выделения до 16 каналов в/из основного тракта путем каскадирования плат MR2. Это основной тип OADM. Он гарантирует баланс оптической мощности для локально вставляемых и транзитных каналов, выравнивая, таким образом, суммарную оптическую мощность.

Последовательный OADM состоит из блока оптического усилителя (OAU/OBU), модуля оптического мультиплексора с функцией вставки/выделения (MR2), блоков DCM, OTU, FIU, SC2/TC2, SCC и т.д. Блок-схема последовательного OADM показана на рисунке 3.3. [6]

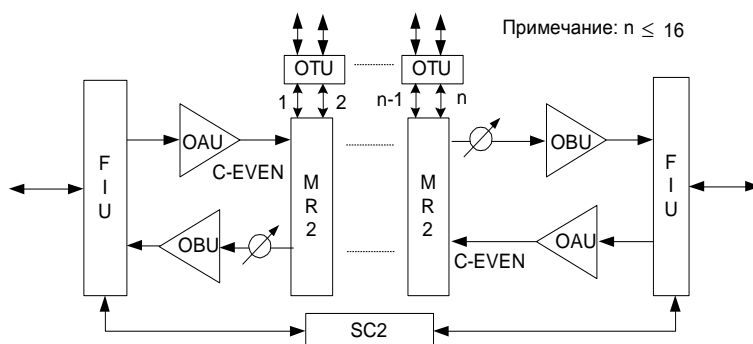


Рисунок 3.3 - Блок-схема последовательного OADM

Главным функциональным блоком OADM может быть MR2. Каждая плата MR2 поддерживает вставку/выделение двух каналов услуг. Возможно каскадное включение восьми плат MR2, Поэтому чего дается вставка/выделение 16 каналов, как приведено на рисунке 3.3.

На стороне приемника блок FIU делит основной тракт на сигналы C-диапазона и оптический контрольный сигнал. Далее сигнал контрольного канала передается в SC2/TC2 для дальнейшей обработки. Сигналы C-диапазона передаются на платы MR2, на которой осуществляется вставка или выделение каналов услуг. Доступ к этим локальным вставляемым/выделяемым каналам осуществляется через OTU. [6]

На стороне передатчика регулируемый оптический аттенюатор делает регулирование поступивших сигналов в соответствии с установленными в системе требованиями по мощности и передает их на плату MR2. Далее все сигналы усиливаются в OBU. На конечном этапе блок FIU снова соединяет сигналы каналов C-диапазона и контрольного канала для их передатчика по волоконно-оптической линии. [6]

3.6 Регенератор

Достаточность OLA для передатчика сигналов на большие расстояния уже обсуждалась. Но из-за стохастического характера распространения света в некоторых случаях при передаче на большие расстояния нужно регенерировать

исходные сигналы для устранения дисперсии, потери мощности, оптического шума, нелинейности или PMD-эффектов. Регенератор (REG) делает 3R-переработку, то есть регенерацию первоначальной формы сигналов (reshaping), регенерацию тактовой синхронизации (re-Timing) и регенерацию сигналов. REG увеличивает дальность передатчика путем регенерации оптических сигналов. [6]

Как приведено на рисунке 3.4, станция REG состоит из блоков OAU, D40, OTU, M40, FIU, SC2 и SCC.

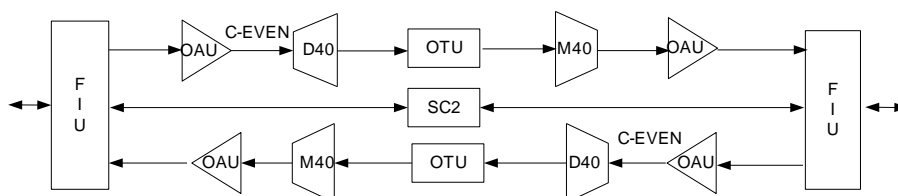


Рисунок 3.4 - Блок-схема REG

Следует отметить, что функционально два включенных встречно OTM образуют REG. Одно отличие заключается в том, что REG не поддерживает вставку/выделение оптических сигналов подобно OTM. Все блоки обработки сигналов и функциональные блоки REG аналогичны блокам OTM, за исключением типа OTU. В REG используется OTU с поддержкой функции регенерации, который реализует 3R-функцию. [6]

3.7 Оптический корректор

В системе передатчика на сверхдальние расстояния (ELN) протяженность участка передатчика без использования регенератора на много больше сравнивая с системами передатчика на большие расстояния, в связи, с чем могут возникать последующие проблемы:

- Накопление неравномерности распределения коэффициентов усиления оптического усилителя и распределения коэффициентов затухания в волоконно-оптической линии вызывают нарушение равновесия (баланса) между величиной оптической мощности и отношением “оптический сигнал/шум” на стороне приемника;

При выборе конструкции кабеля для определенной цели, следует учитывать несколько аспектов, которые должны включать:

- кабельные соответствия с ГОСТ, ТУ, которая разработана в соответствии с требованиями ITU-T (international telecommunication Union - сектор стандартизации (телекоммуникации), МЭК (Международная электротехническая комиссия), и нету (комитета по электронным компонентам в составе CENELEC);

- по ок требуемых рабочих характеристик. При определении пропускной способности волоконно учитывать потери волокна и требования перемен. Эти

характеристики должны соответствовать самым строгим условиям, которые возникнут в процессе эксплуатации;

- кабель может быть удобным в эксплуатации и установке. Он может иметь гибкость, цветовое кодирование, легкий вес, сопротивление изгибу, дробления и напряженности, создание условий для быстрого монтажа и надежность в эксплуатации;

- кабель может быть удобной в области сварки и герметизации в пределе устройства. Легкой идентификации кабеля и волоконно облегчения сварки и делает его более точным. Внешней защитной оболочки и покрытия должны быть удалены. Важным моментом может быть сколы волокон и регулировки оптического волокна и кабеля, а также защиты местах сварки;

- кабель может иметь удобный ярлык, который способствует быстрому ремонту и простоя кабельных трасс;

- кабель может удовлетворять требованиям в отношении конкретных природно-климатических условий места эксплуатации. Корректор дисперсии применяется для систем передатчика на большие расстояния, использующих технологию SuperWDM. Если расстояние передатчика без регенерации превышает 1000 км (благодаря применению технологии SuperWDM), то должна учитываться нужность коррекции дисперсии. Система передает мультиплексированные сигналы в модуль компенсации дисперсии для выполнения компенсации скорректированной дисперсии посредством платы DSE. [6]

Корректор дисперсии может быть установлен вместе с корректором оптической мощности на одной и той же станции. Рекомендуется устанавливать его на стороне приемника последней станции в секции оптического мультиплексирования.

4 Расчет параметров регенерационного участка

4.1 Определение длины участка по затуханию и дисперсии

При проектировании высокоскоростных ВОСП должны рассчитываться отдельно длина участка регенерации по затуханию (L_a) и длина участка регенерации по широкополосности (L_{wi}), т.к. причины, ограничивающие предельные значения L_a и L_{wi} независимы.

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

$L_{a\ Max}$ - максимальная проектная длина участка регенерации;

$L_{a\ Min}$ - минимальная проектная длина участка регенерации.

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

$$L_{a \max} < \frac{A_{\max} - M - n \cdot \alpha_{pc}}{\alpha_{ok} + \alpha_{nc} / L_{cmp}}, \quad (4.1)$$

$$L_{a \min} > \frac{A_{\min}}{\alpha_{ok} + \alpha_{nc} / L_{cmp}}, \quad (4.2)$$

$$L_{ш} = \frac{4,4 \cdot 10^5}{D \cdot d \cdot B}, \quad (4.3)$$

где A_{\max} , A_{\min} (дБ) - максимальное и минимальное значения перекрываемого затухания аппаратуры ВОСП, обеспечивающее к концу срока службы значимость коэффициента ошибок не более $1 \cdot 10^{-10}$;
 $\alpha_{ok}=0,22$ дБ/км - километрическое затухание в оптических оптоволоконных кабелях;

$\alpha_{nc}=0,05$ дБ - среднее значение затухания мощности оптического излучения неразъемного оптического соединителя на стыке между строительными длинами кабеля на участке регенерации;
 $L_{cmp}=4$ км - среднее значение строительной длины кабеля на участке регенерации;

$\alpha_{pc}=0,5$ дБ - затухание мощности оптического излучения разъемного оптического соединителя;

n - число разъемных оптических соединителей на участке регенерации;

$D=3$ пс/нм·км - суммарная дисперсия одномодового оптического оптоволокна;

$d=0,09$ нм - ширина спектра источника излучения;

$B=9953$ МГц - широкополосность цифровых сигналов, передаваемых по оптическому тракту;

$M=6$ дБ - системный запас ВОСП по кабелю на участке регенерации.

Если по результатам расчетов получено: $L_{ш} < L_{a \max}$, то для проектирования должны быть выбраны аппаратура или кабель с другими техническими данными (D, d), обеспечивающие больший запас по широкополосности на участке регенерации. Расчет может быть произведен снова. Критерием окончательного выбора аппаратуры или кабеля должно быть выполнение соотношения:

$$L_{ш} > L_{a \max}, \quad (4.4)$$

с учетом требуемой пропускающей способности трафика (B) на перспективу развития. [7]

Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в ряду железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалась. Да, конечно, открывает на воздушных линиях случаются чаще, но время, потраченное на регенерацию здоровья сетей, значительно

меньше.

Неудачные комментарии эксплуатации кабеля, проложенного в пластмассовую трубку. В наших условиях трубы текут, они проникает вода, они замерзают. Поэтому расширение проникновения песка. Ремонт поврежденных областей в этих условиях крайне сложно. Замена кабеля в трубе в зимних условиях очень сложно. Очень тяжело замена кабеля и летом условия для проникновения в трубу песок. Потянув поврежденный участок кабеля из трубы с целью его замены проблематично, в большинстве случаев, кабель не тянуло. В конце концов, время замены поврежденного участка гораздо больше, чем при восстановлении поврежденного участка подвесной линии и многое другое. Несколько лучше показали себя бронированные кабели для прокладки в земле. Но в этом случае, регенерации поврежденной части кабель не простая задача. Точной локализации места повреждения кабеля не всегда возможно. Поэтому вы должны найти большие отрезки кабеля. Таким образом, в линиях связи на базе бронированных кабелей скалы, по крайней мере, но регенерации занимает больше времени, существуют трудности в работе.

Параметры оптических волокон и кабелей в выражениях (4.1), (4.2) и (4.3) приведены в технических характеристиках на поставляемый оптический кабель ($\alpha_{ок}$, D) или определяются условиями и технологией укладки ($\alpha_{нс}$, $L_{сmp}$).

Системный запас (M) учитывает изменение состава оптического кабеля за счет появления дополнительных (ремонтных) вставок, сварных соединений, а также изменение характеристик оптического кабеля, вызванных воздействием окружающей среды и ухудшением качества оптических соединителей в течение срока службы, и устанавливается при проектировании ВОСП исходя из ее назначения и условий эксплуатации оператором связи, исходя из статистики повреждения (обрывов) кабеля в зоне действия оператора. [7]

Рекомендуемый диапазон устанавливаемых значений системного запаса от 2 дБ (наиболее благоприятные условия эксплуатации) до 6 дБ (наихудшие условия эксплуатации).

Найдем энергетический потенциал аппаратуры ($A_{макс}$) – максимальное затухание участка без учета передающего и приемного стыков аппаратуры:

$$A_{макс} = P_{пер} - P_{пр}, \quad (4.5)$$

где $P_{пер}$ – Порог передатчика;

$P_{пр}$ – Порог приемника минимальный с предусилителем;

$$A_{макс} = P_{пер} - P_{пр} = 2 - (-42) = 44 \text{ дБ};$$

Найдем энергетический потенциал аппаратуры ($A_{мин}$) – минимальное затухание участка:

$$A_{мин} = P_{ист} - П, \quad (4.6)$$

где $П$ – Порог перегрузки приемника (-1 дБ);

$P_{ист}$ – передающий Порог источника излучения, $P_{ист} = 2 \text{ дБ}$.

$$A_{мин} = 2 - (-1) = 3 \text{ дБ}$$

Подставляя найденные значения в формулы (4.1), (4.2), (4.3), получаем

$$L_{a \max} < \frac{44 - 6 - 4 \cdot 0,5}{0,22 + \frac{0,05}{4}} = 124,8 \text{ км},$$

$$L_{a \min} > \frac{3}{0,22 + \frac{0,05}{4}} = 12,9 \text{ км},$$

$$L_{III} < \frac{4,4 \cdot 10^5}{3 \cdot 0,09 \cdot 9953} = 163,7 \text{ км}.$$

По результатам расчетов получено, что $L_{III} > L_{a \max}$, значит, аппаратура и кабель выбраны с техническими данными, обеспечивающими запас по широкополосности на участке регенерации. Исходя из приведенных расчетов, разместим оптические усилители между Кустанаем и Троицком на расстоянии 80 и 88 км, между Троицком и Челябинском на расстоянии 80 и 70 км. Схема организации связи приведена на рисунке 4.1

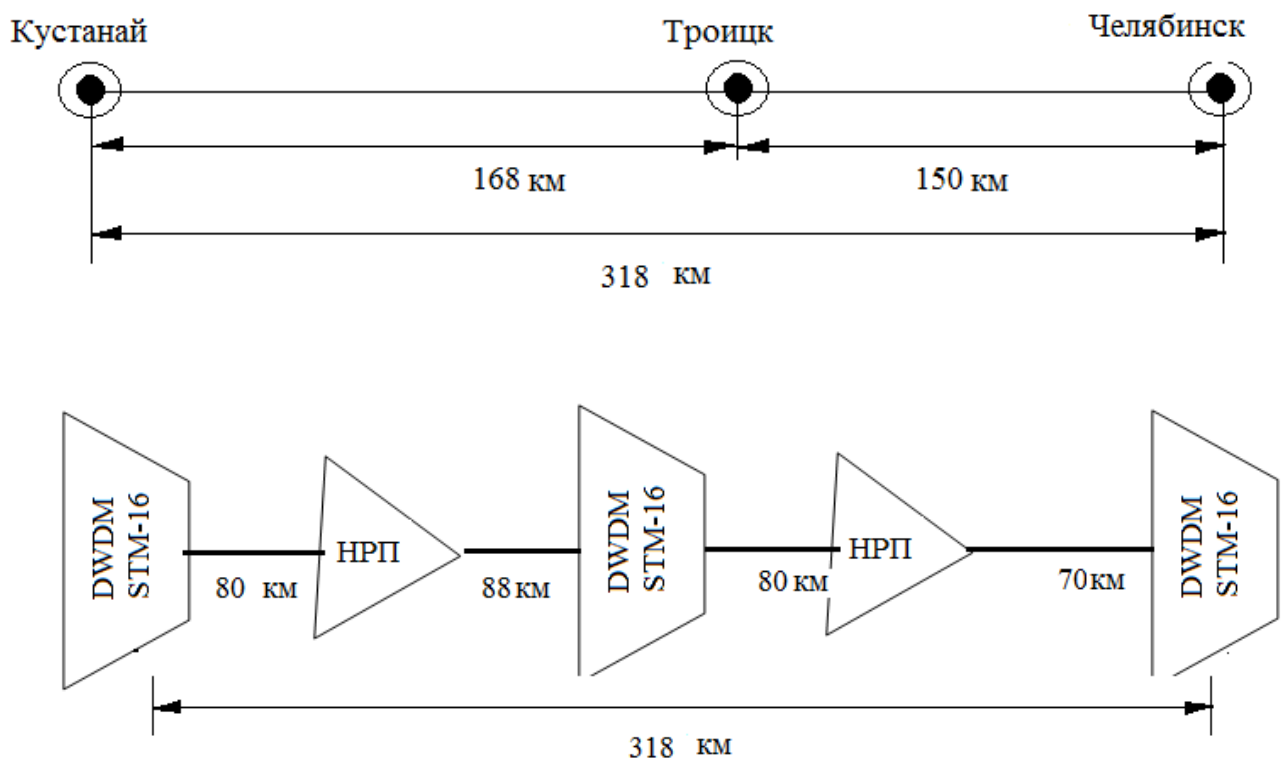


Рисунок 4.1 – Схема организации связи

4.2 Расчет дисперсии

При передаче сигналов по ВОЛС используются методы ИКМ, Поэтому передаваемая информация представляется в виде двоичных кодов - битов 1 и 0, причем 1 соответствует высокому уровню мощности, а 0 - низкому. Монтаж систем DWDM и устранение неисправностей них требуют OSA процедуры гораздо более сложная, чем обычного тестирования. Оптическое волокно должно быть проверено в общей потери, ORL, отклонения в режиме поляризацию и др. Для ситуаций, когда требуется высокая точность измерения длины волны, вместе с орд могут быть вовлечены монохроматор - метровой длины волны.

Такой универсальный анализатор предназначен для контроля официальным каналам (оптический контрольный канал, OSC), используемые для мониторинга систем DWDM. Для таких каналов выберите один из следующих длин волн - 1510, 1625 или 1490 нм. [16]

Стандартный анализаторы позволяют точно определить все оптические параметры, но, тем не менее, не обеспечивает анализ битных ошибок. Поэтому, когда он используется для регулировки и контроля информации, оптический OSA должен иметь специальный выход для подключения тестера коэффициент битовых ошибок. В этом случае внутренний фильтр в OSA регулировка длины волны для выбора соответствующего канала в системе DWDM и передатчик сигналов анализатор ошибок.

. [7]

4.2.1 Расчет поляризационной модовой дисперсии

Если линия состоит из N сегментов ВОК, дисперсия в каждом из которых равна D_{PMDi} , то результирующая поляризационная модовая дисперсия определяется из выражения в соответствии с законом суммы независимых случайных величин:

$$D_{PMD}^2 = D_{PMD1}^2 + D_{PMD2}^2 + \dots + D_{PMDn}^2, \quad (4.8)$$

Поляризационная модовая дисперсия τ_{PMD} , пс для каждого участка рассчитывается из выражения (4.9):

$$\tau_{PMDi} = D_{PMD} \cdot \sqrt{L_i}, \text{ пс} \quad (4.9)$$

$$\tau_{PMD1} = 0,5 \cdot \sqrt{80} = 4,47 \text{ пс},$$

$$\tau_{PMD2} = 0,5 \cdot \sqrt{76} = 4,36 \text{ пс},$$

Уширение импульса за счет хроматической дисперсии определяется из выражения(4.10):

$$\tau_{chri} = D \cdot \Delta\lambda \cdot L_i, \text{ пс} \quad (4.10)$$

$$\tau_{chr1} = 3 \cdot 0,09 \cdot 80 = 21,61 \text{ пс},$$

$$\tau_{chr1} = 3 \cdot 0,09 \cdot 76 = 20,52 \text{ пс},$$

С учетом поляризационной модовой дисперсией результирующая дисперсия будет определяться из следующего выражения [8]:

$$\tau_{pezi} = \sqrt{\tau_{chri}^2 + \tau_{PMDi}^2}, \text{ пс} \quad (4.11)$$

$$\tau_{pezi1} = \sqrt{21,61^2 + 4,47^2} = 22,07 \text{ пс},$$

$$\tau_{\delta\alpha_{\zeta 2}} = \sqrt{30,78^2 + 4,36^2} = 31,09 \text{ пс},$$

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

для STM-16: $T_0 = 100,5 \text{ пс}$.

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

$$\tau = \frac{T_0}{2}. \quad (4.12)$$

Следовательно, при скорости передатчика $B_0 = 9953,28$ Мбит/с допустимая длительность импульса будет $\tau = 50,25$ пс. Начальная длительность импульсов определяется из выражения [9]:

$$\tau_0 = \frac{T_0}{4}. \quad (4.13)$$

Конечная длительность импульса выражается через его начальную длительность τ_0 соотношением

$$\tau_i = \sqrt{\tau_{0i}^2 + \tau_{\text{рези}}^2}. \quad (4.14)$$

Тогда длительность импульса, увеличенная за счет дисперсии на первом участке, будет равна:

$$\tau_1 = \sqrt{25,125^2 + 22,07^2} = 33,44 \text{ пс.}$$

Т.е. при скорости передатчика $B_0 = 9953,08$ Мбит/с (STM-16), оптический импульс, уширенный вследствие дисперсии, не превысит допустимую величину $\tau = 50,25$ пс. Но т.к. по линии проходит транзитный трафик недопустимо ухудшение качества сигнала, поэтому, чтобы по ВОК передавать сигналы STM-64, нужно компенсировать хроматическую дисперсию в каждом пункте. [9]

Для компенсации дисперсии выберем модуль DCM-10 и DCM-20 с вносимым затуханием 3,7; 4,1 дБ и полной дисперсией (-170); (-340) пс/нм соответственно.

Полная отрицательная дисперсия модулей компенсации:

$$\tau_{DC1} = (-170) \cdot 0,09 = -15,3 \text{ пс,}$$

$$\tau_{DC2} = (-340) \cdot 0,09 = -30,6 \text{ пс.}$$

Следовательно, полная скомпенсированная дисперсия на каждом участке линии связи будет:

$$\tau_{\text{рез}Ci} = \tau_{\text{рези}} + \tau_{DCi}, \text{ пс} \quad (4.15)$$

$$\tau_{\text{рез}C1} = 22,07 + (-15,3) = 6,77 \text{ пс,}$$

$$\tau_{\text{рез}C2} = 31,09 + (-30,6) = 0,49 \text{ пс,}$$

Поэтому, конечная длительность импульса на выходе оптического кабеля на каждом участке при скорости передатчика $B_0 = 9953,28$ Мбит/с (STM-16) будет:

$$\tau_{Ci} = \sqrt{\tau_{0i}^2 + \tau_{\text{рез}Ci}^2}, \text{ пс} \quad (4.16)$$

$$\tau_{C1} = \sqrt{25,125^2 + 6,77^2} = 26,02 \text{ пс,}$$

$$\tau_{C2} = \sqrt{28,15^2 + 0,49^2} = 28,15 \text{ пс,}$$

Этот результат довольно меньше допустимого значения, значит качество сигнала почти не ухудшилось. [9]

4.3 Расчет энергетического бюджета

Определим потери вносимые мультиплексором и демультиплексором по формуле (4.17):

$$\alpha_{\text{OMUX/ODMUX}} = 1,5 \log_2 Z \quad (4.17)$$

где: Z – число портов или каналов OMUX/ODMUX.

$$\alpha_{\text{OMUX/ODMUX}} = 1,5 \log_2 7 = 4,2 \text{ дБ}$$

Энергетический бюджет линии определяется по формуле (4.18)

$$\mathcal{E} = P_{\text{пер}} - P_{\text{пр}} - L \cdot \alpha_{\text{ок}} - n_{\text{рс}} \cdot \alpha_{\text{рс}} - n_{\text{нс}} \cdot \alpha_{\text{нс}} - \alpha_{\text{OMUX/ODMUX}} - \alpha_{\phi} - \sum \alpha_{\text{DC}} + \sum S_{\text{ус}}, \quad (4.18)$$

где α_{ϕ} – потери фильтра, $\alpha_{\phi} = 1,5$ дБ;

α_{DC} – затухание вносимое модулем компенсации дисперсии,

$S_{\text{ус}}$ – коэффициент усиления усилителя, дБ.

$$\mathcal{E} = 2 - (-14) - 329 \cdot 0,22 - 12 \cdot 0,5 - 84 \cdot 0,05 - 4,2 - 1,5 - (4,7 + 4,1 + 4,1) + (17 + 23 + 28 + 28) = 7,62 \text{ дБ}$$

Этот запас обеспечит работоспособность системы при деградации лазеров, дополнительных вставках кабеля и старении оптоволокна. [10]

4.4 Расчет характеристик проектируемого кабеля:

Исходные данные: сердцевина $2a = 10$ мкм; оболочка $2B = 125$ мкм; показатели преломления: $n_1 = 1,51$; $n_2 = 1,5$; длина волны $\lambda = 1,55$ мкм; длина волны $l = 30$ км; ширина спектральной линии лазера 2 нм.

Расчет осуществляется следующим образом:

- 1) относительное значение показателей преломления:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1,51 - 1,5}{1,51} \approx 0,007;$$

- 2) числовая апертура

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{1,51^2 - 1,5^2} = 0,263;$$

- 3) нормированная частота

$$v = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{1,55 \cdot 10^{-6}} \sqrt{1,51^2 - 1,5^2} = 0,5;$$

- 4) критическая частота (для одномодовой передатчика коэффициент $P_{\text{нм}} = 2,40$)

$$f_0 = \frac{P_{\text{нм}} c}{\pi d \sqrt{n_1^2 - n_2^2}} = \frac{2,405 \cdot 3 \cdot 10^8}{3,14 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \sqrt{1,51^2 - 1,5^2}} = 9,2 \cdot 10^{14} \text{ Гц};$$

- 5) критическая длина волны

$$\lambda_0 = \frac{\pi d}{P_{nm} n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \frac{3,14 \cdot 1,51 \cdot 2 \cdot 10^{-10}}{2,405 \cdot 1,51} \sqrt{1,51^2 - 1,5^2} = 2,27 \text{ мкм};$$

6) потери энергии на поглощение

$$\alpha_n = \frac{\pi n_1 \text{tg } \delta}{\lambda} 8,69 \cdot 10^3 = \frac{3,14 \cdot 1,51 \cdot 2 \cdot 10^{-10}}{1,51 \cdot 10^{-6}} 8,69 \cdot 10^3 = 0,53 \text{ дБ/км};$$

7) потери на рассеяние

$$\alpha_p = K_p / \lambda^4 = 1,3 / 1,55^4 = 0,224 \text{ дБ/км};$$

8) общие потери

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_p = 0,53 + 0,224 = 0,754 \text{ дБ/км}$$

9) потери в инфракрасном диапазоне (при $\lambda = 2 \text{ мкм}$)

$$\alpha_{нк} = C_{нк} e^{-k/\lambda} = 0,9 e^{-(0,8 \cdot 10^{-6})/(2 \cdot 10^{-6})} = 0,6 \text{ дБ/км};$$

10) волноводная дисперсия (см. рис. 2.28)

$$\tau_{вв} = \Delta \lambda / V(\lambda) = 2 \cdot 30 \cdot 3 \cdot 10^{-12} = 180 \text{ пс/(км*нм)};$$

11) материальная дисперсия (рис. 2.28)

$$\tau_{мат} = \Delta \lambda / M(\lambda) = 2 \cdot 30 (-20 \cdot 10^{-12}) = -1200 \text{ пс/(км*нм)};$$

12) результирующая дисперсия

$$\tau_{рез} = \tau_{вв} + \tau_{мат} = 180 - 1200 = -1020 \text{ пс/(км*нм)};$$

13) Пропускающая способность

$$\Delta F = 1/\tau = 1/1020 \cdot 10^{-12} = 980 \text{ МГц};$$

14) границы изменения фазовой скорости:

$$c/n_1 = 3 \cdot 10^5 / 1,51 = 198000 \text{ км/с};$$

$$c/n_2 = 3 \cdot 10^5 / 1,5 = 200000 \text{ км/с};$$

15) границы изменения волнового сопротивления:

$$Z_0/n_1 = 376,7/1,51 = 249,47 \text{ Ом};$$

$$Z_0/n_2 = 376,7/1,5 = 251,13 \text{ Ом};$$

Проверим параметры расчета, используя программу на языке Delphi

Программа на алгоритмическом языке Delphi

Листинг программы - расчет параметров оптоволоконной

```

uniT VOSP;
inTeface
uses
  Windows, Messages, SysUTils, Classes, GrapHics, ConTrols, ForMs, Dialogs,
  STdCTrls, BuTTons;
Type

```



```

TForM01 = class(TForM)
  GroupBoX01 : TGroupBoX;
  LaBel01 : TLaBel;
  BuTTon01 : TBuTTon;
  GroupBoX02 : TGroupBoX;
  LaBel02 : TLaBel;
  BuTTon02 : TBuTTon;
  LaBel03 : TLaBel;
  GroupBoX03 : TGroupBoX;
  LaBel04 : TLaBel;
  BuTTon03 : TBuTTon;
  LaBel05: TLaBel;
  BiBTn01: TBiBTn;
  procedure BuTTon01Click (Sender : TObject);
  procedure BuTTon02Click (Sender : TObject);
  procedure BuTTon03Click (Sender : TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  ForM01: TForM01;
iMpleMenTaTion
uses Vosp01, Vosp02, UniT04;
{$R *.DFM}
procedure TForM01.BuTTon01Click(Sender: TObject);
Begin
  forM01.Hide;
  forM02.sHow;
  forM02.BuTTon01.EnaBled:=True
end;

procedure TForM01.BuTTon02Click(Sender: TObject);
Begin
  forM01.Hide;
  forM03.sHow
end;
procedure TForM01.BuTTon03Click(Sender: TObject);
Begin
  forM01.Hide;
  forM04.sHow
end;
end.
uniT Vosp01;

```

```

inTerface
uses
    Windows, Messages, SysUTils, Classes, GrapHics, ConTrols, ForMs, Dialogs,
    STdCTrls, MaTH;
Type
    TForM02 = class(TForM)
        GroupBoX01: TGroupBoX;
        LaBel01: TLaBel;
        EdiT01: TEdiT;
        LaBel02 : TLaBel;
        EdiT02 : TEdiT;
        LaBel03 : TLaBel;
        EdiT03 : TEdiT;
        LaBel04 : TLaBel;
        EdiT04 : TEdiT;
        BuTTon01 : TBuTTon;
        GroupBoX02 : TGroupBoX;
        LaB
    El06: TLaBel;
        EdiT06 : TEdiT;
        LaBel07 : TLaBel;
        EdiT07 : TEdiT;
        LaBel08 : TLaBel;
        EdiT08 : TEdiT;
        LaBel09 : TLaBel;
        EdiT09 : TEdiT;
        LaBel01 : TLaBel;
        LaBel01: TLaBel;
        EdiT05: TEdiT;
        EdiT10 : TEdiT;
        EdiT03 : TEdiT;
        EdiT04 : TEdiT;
        EdiT05
    3 : TEdiT;
        EdiT04 : TEdiT;
        LaBel05 : TLaBel;
        LaBel012 : TLaBel;
        LaBel103: TLaBel;
        LaBel104: TLaBel;
        BuTTon02: TBuTTon;
        procedure BuTTon01Click(Sender: TOBJecT);
        procedure BuTTon02Click(Sender: TOBJecT);
    privaTe
        { PrivaTe declaraTions }
    puBlic

```

```

    { PuBlic declaraTions }
end;
var
    ForM02: TForM02;
iMpleMenTaTion
uses VOSP;
{$R *.DFM}
procedure TForM02.BuTTon01Click(Sender: TOBJecT);
var
    na,v,acc,sM,oB,p,n,delTa,k,Ma,f,Me,H,H1: real;
    ai,li:array [1 .. 3] of real;
    i : inTeger;
Begin
    BuTTon01.EnaBled:=false;
    na := sqrT(sTrTofloaT(editT01.TeXT)*sTrTofloaT(editT01.TeXT)-
sTrTofloaT(editT02.TeXT)*sTrTofloaT(editT02.TeXT));
    na:=arcsin(na);
    v:= (pi*sTrTofloaT(editT03.TeXT)*na)/sTrTofloaT(editT04.TeXT);
    acc:=(pi*sTrTofloaT(editT03.TeXT)*na)/02.0405;
    oB:= 0.080+0.5490*sqr(2.8340-v);
    delTa:=(sTrTofloaT(editT01.TeXT)-
sTrTofloaT(editT02.TeXT))/sTrTofloaT(editT01.TeXT);
    p:= (sTrTofloaT(editT02.TeXT)*delTa)/(sTrTofloaT(editT04.TeXT)*300000000);
    H:=0;
    ai[1]:=0.0000000691116;
    ai[2]:=0.0000000399166;
    ai[3]:=0.0000000890423;
    li[1]:=0.000000068227;
    li[2]:=0.0000000116460;
    li[3]:=0.000000599662;
    wHile (k > -2.15)or(k<-5.5) do
        Begin
            for i:=1 To 3 do
                Begin
Ma:=Ma+((ai[i]+H1)*(li[i]+H))*(3*(sTrTofloaT(editT04.TeXT)*sTrTofloaT(editT04.
TeXT))
+ (li[i]+H)*(li[i]+H))/((sTrTofloaT(editT04.TeXT)*sTrTofloaT(editT04.TeXT)-
(li[i]+H)*(li[i]+H)*(sTrTofloaT(editT04.TeXT)*sTrTofloaT(editT04.TeXT)-
(li[i]+H)*(li[i]+H))*(sTrTofloaT(editT04.TeXT)*sTrTofloaT(editT04.TeXT)-
(li[i]+H)*(li[i]+H))));
Me:=Me+((ai[i]+H1)*(li[i]+H))/((sTrTofloaT(editT04.TeXT)*sTrTofloaT(editT04.Te
XT))- (li[i]+H)*(li[i]+H));
Me:=Me/sTrTofloaT(editT1.TeXT)

```

```

    end;
    k:=((Ma-(Me*Me))/sTrTofloat(edit01.TeXT))+(oB*p);
    H:=H+0.00000001;
    H1:=H1+0.000000001
  end;
  edit06.TeXT:= floatToStr(na);
  edit07.TeXT:= floatToStr(v);
  edit08.TeXT:= floatToStr(acc);
  edit09.TeXT:= floatToStr(k);
  edit05.TeXT:= floatToStr(ai[1]+H1-0.000000001);
  edit010.TeXT:= floatToStr(ai[2]+H1-0.000000001);
  edit013.TeXT:= floatToStr(ai[3]+H1-0.000000001);
  edit011.TeXT:= floatToStr(li[1]+H-0.00000001);
  edit012.TeXT:= floatToStr(li[2]+H-0.00000001);
  edit014.TeXT:= floatToStr(li[3]+H-0.00000001);
  end;
procedure TForm02.Button02Click(Sender: TObject);
Begin
  forM10.show;
  forM10.Button2.Enabled:=True;
  forM20.close
  end;
end.

unit Vosp02;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls;
Type
  TForm03 = class(TForm)
    Label01: TLabel;
    Edit10: TEdit;
    Button01: TButton;
    procedure Button01Click(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure FormActivate(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form03: TForm03;
implementation

```

```

uses VOSP;
const
  ls=6.40;
  ass=0.40;
  ar=0.50;
  nr=2.0;
  az=5.0;
  p1=2.0;
  p2=-40.0;
var
  e,lrM,ak:real;
{$R *.DFM}
procedure TForM3.BuTTon1Click(Sender: TObject);
Begin
  forM01.sHow;
  forM03.Close
end;
procedure TForM03.ForMCreaTe(Sender: TObject);
Begin
  forM03.Hide;
end;
procedure TForM03.ForMAcTivaTe(Sender: TObject);
Begin
  lrM:=0;
  ak:=sTrTofloaT(inpuTBoX());
  e:= p1-p2;
  lrM:=(e-ar*nr-az)/(ak+ass/ls);
  forM03.EdiT01.TeXT:=floaTTosTr(lrM)
end;
end.

uniT Vosp03;
inTerface
uses
  Windows, Messages, SysUTils, Classes, GrapHics, ConTrols, ForMs, Dialogs,
  STdCTrls;
Type
  TForM04 = class(TForM)
    LaBel01: TLaBel;
    LaBel02: TLaBel;
    LaBel03: TLaBel;
    LaBel04: TLaBel;
    LaBel05: TLaBel;
    LaBel06: TLaBel;
    EdiT01: TEdiT;

```

```

EdiT02: TEdiT;
EdiT03: TEdiT;
EdiT04: TEdiT;
EdiT05: TEdiT;
EdiT06: TEdiT;
BuTTon01: TBuTTon;
GroupBoX01: TGroupBoX;
BuTTon02: TBuTTon;
procedure BuTTon01Click(Sender: TObject);
procedure BuTTon02Click(Sender: TObject);
procedure ForMDeacTivaTe(Sender: TObject);
procedure ForMClose(Sender: TObject; var AcTion: TCloseAcTion);
procedure ForMCreaTe(Sender: TObject);
procedure EdiT06CHange(Sender: TObject);
privaTe
{ PrivaTe declaraTions }
puBlic
{ PuBlic declaraTions }
end;
var
  ForM04: TForM04;
iMpleMenTaTion
uses VOSP;
const
  H=6.620e-34;
  q=1.60e-19;
  c=3e+8;
  a=1.550e-6;
  k=1.380e-23;
{$R *.DFM}
procedure TForM04.BuTTon01Click(Sender: TObject);
var
  i,f,kapa,r,d,sigsHuM,ppor,B:real;
Begin
  i:=sTrTofloaT(ediT01.TeXT)*6.30e-5;
  f:=c/a;
  kapa:=sTrTofloaT(ediT01.TeXT)*H*f/q;
  r:=1/(2*pi*3.50e+9*sTrTofloaT(ediT02.TeXT));
  sigsHuM:=i*i/(2*q*sTrTofloaT(ediT04.TeXT)*(i+sTrTofloaT(ediT03.TeXT))
  +(4*k*sTrTofloaT(ediT04.TeXT)*300*sTrTofloaT(ediT05.TeXT))/r);

  B:=(q*sTrTofloaT(ediT03.TeXT)+(2*k*300*sTrTofloaT(ediT05.TeXT))/r)/(1e+3*(
  q*q)*5.8*3.5e+9);

```

```

    ppor:=(2*q*3.5e+9*5.8*(1+sqrT(1+B)))/sTrTofloat(ediT01.TeXT);
end;
procedure TForM04.BuTTon02Click(Sender: TOBject);
Begin
    forM04.Close;
    forM01.sHow
end;
procedure TForM04.ForMDeacTivaTe(Sender: TOBject);
Begin
    forM01.sHow
end;
procedure TForM04.ForMClose(Sender: TOBject; var AcTion: TCloseAcTion);
Begin
    forM01.sHow
end;
procedure TForM04.ForMCreaTe(Sender: TOBject);
Begin
    BuTTon01.EnaBled:=false
end;
procedure TForM04.EdiT06CHange(Sender: TOBject);
Begin
    if ediT06.TeXT=" TThen
        BuTTon01.EnaBled:=false
    else
        BuTTon01.EnaBled:=True
end;
end.

```

Скриншот – результат работы программы

The screenshot shows a software window with two main sections: 'Расчет и ввод параметров' (Calculation and input of parameters) and 'Результаты' (Results).

Расчет и ввод параметров:

- Показатель преломления сердцевины n1: 1,51
- Показатель преломления оболочки n2: 1,5
- Диаметр сердцевины d: 0,000010
- Рабочая длина волны λ : 0,00000155

A 'Расчет' (Calculate) button is located below the input fields.

Результаты:

- Числовая апертура: 0,263
- Нормированная частота: 0,5
- Общие потери: 0,754
- Удельная хроматическая дисперсия: 10,2 E-12

A 'Закрыть' (Close) button is located at the bottom of the window.

Рисунок 14 - Окно программы расчета главных характеристик кабеля для широкополосной сетей

4.5 Расчет стрелы провеса кабеля

Расчет стрелы провеса оптического кабеля производится по методике [10] с целью определения максимально-допустимого напряжения растяжения. При расчете самонесущего оптического кабеля, подвешенного на опорах контактной сети, на механическую прочность нужно учитывать собственный вес кабеля, а также дополнительные нагрузки за счет образования льда и ветрового давления на ОК. Для удобства проведения расчетов воздушных конструкций на механическую прочность принято выражать все нагрузки, действующие в них, через так называемые удельные нагрузки. [13]

Удельная нагрузка от силы тяжести (собственного веса) оптического кабеля γ_1 , Н/м³ находится по формуле (4.1):

$$\gamma_1 = \frac{P}{S} g, \quad (4.1)$$

где P - удельная масса оптического кабеля, $P=0,11$ кг/м;
 S - площадь поперечного сечения кабеля, $S=1,13 \cdot 10^{-4}$ м²;
 g - ускорение свободного падения, $g=9,81$ м/с².

$$\gamma_1 = \frac{0,11}{1,13 \cdot 10^{-4}} 9,81 = 9,550 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$$

Удельная нагрузка от наличия на воздушных конструкциях льда γ_2 , Н/м³ определяется по формуле (4.2):

$$\gamma_2 = \pi b \rho_{\text{л}} \frac{b+d}{S} g, \quad (4.2)$$

где B - толщина стенки льда на кабеле, $B=5 \cdot 10^{-3}$ м;
 $\rho_{\text{л}}$ - плотность льда, $\rho_{\text{л}} = 900$ кг/м³;
 d - наружный диаметр оптического кабеля, $d=1,2 \cdot 10^{-4}$ м.

$$\gamma_2 = \pi \cdot 5 \cdot 900 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-4}}{S} 9,81 = 2,086 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3$$

Удельная нагрузка от силы тяжести оптического кабеля и силы тяжести отложившегося на нем льда γ_3 , Н/м³ вычисляется по формуле (4.3):

$$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2, \quad (4.3)$$

$$\gamma_3 = 9,550 \cdot 10^3 + 2,086 \cdot 10^4 = 3,041 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3.$$

Удельная нагрузка от давления ветра на воздушные конструкции при отсутствии льда γ_4 , Н/м³ определяется по формуле (4.4):

$$\gamma_4 = 0,06 g^2 \frac{d}{S} g, \quad (4.4)$$

где g - скорость ветра, $g=20$ м/с;

$$\gamma_4 = 0,06 \cdot 20^2 \frac{1,2 \cdot 10^{-4}}{1,13 \cdot 10^{-4}} 9,81 = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м}.$$

Удельная нагрузка от давления ветра на оптический кабель, покрытый льдом γ_5 , Н/м³ выражается по формуле (4.5):

$$\gamma_5 = 0,069 g_1^2 \frac{d+2b}{S} g, \quad (4.5)$$

где g_1 - скорость ветра, $g_1=30$ м/с.

$$\gamma_5 = 0,06 \cdot 30^2 \frac{1,2 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{1,13 \cdot 10^{-4}} 9,81 = 1,031 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^3.$$

Удельная нагрузка от силы тяжести оптического кабеля и давления ветра при отсутствии льда γ_6 , Н/м³ определится по формуле (4.6):

$$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2}, \quad (4.6)$$

$$\gamma_6 = \sqrt{(9,550 \cdot 10^3)^2 + (2,5 \cdot 10^4)^2} = 2,676 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3.$$

Удельную нагрузку от силы тяжести оптического кабеля, льда и давления ветра на воздушные конструкции, покрытые льдом γ_7 , Н/м³ найдем по формуле (4.7):

$$\gamma_7 = \sqrt{\gamma_3^2 + \gamma_5^2}, \quad (4.7)$$

$$\gamma_7 = \sqrt{(3,041 \cdot 10^4)^2 + (1,031 \cdot 10^5)^2} = 1,075 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^3.$$

Напряжение растяжения в оптическом кабеле σ , МПа определим по формуле (4.8):

$$\sigma = \frac{\gamma^2}{8f}, \quad (4.8)$$

где l - длина пролета, $l=50$ м;

γ - суммарная удельная нагрузка γ_7 , МН/м³;
 f - стрела провеса оптического кабеля в пролете, $f=1,2$ м.

$$\sigma = \frac{0,1075 \cdot 50^2}{8 \cdot 1,2} = 28 \text{ МПа}$$

Вычислим допустимое напряжение растяжения выбранного кабеля $\sigma_{дон}$, МПа по формуле (4.9):

$$\sigma_{дон} = \frac{F}{S} \cdot 10^{-6}, \quad (4.9)$$

где F – стойкость к продольному растяжению кабеля, $F=4$ кН;

$$\sigma_{дон} = \frac{4 \cdot 10^3}{1,13 \cdot 10^{-4}} \cdot 10^{-6} = 35,4 \text{ МПа.}$$

Сравним рассчитанную величину напряжения растяжения с допустимой величиной для выбранного оптического кабеля:

$$28 < 35,4$$

Неравенство делается - значит стрела провеса выбрана верно и стойкость кабеля к продольному растяжению соответствует рассчитанным параметрам. [13]

4.6 Расчет показателей надежности

Свойство сохранять во времени в установленных пределах Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в ряду железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линиях случаются чаще, но время, потраченное на регенерацию здоровья сетей, значительно меньше.

Неудачные комментарии эксплуатации кабеля, проложенного в пластмассовую трубку. В наших условиях трубы текут, они проникает вода, они замерзают. Поэтому расширение проникновения песка. Ремонт поврежденных областей в этих условиях крайне сложно. Замена кабеля в трубе в зимних условиях очень сложно. Очень тяжело замена кабеля и летом условия для проникновения в трубу песок. Потянув поврежденный участок кабеля из трубы с целью его замены проблематично, в большинстве случаев, кабель не тянуло. В конце концов, время замены поврежденного участка гораздо больше, чем при восстановлении поврежденного участка подвесной линии и многое другое. Несколько лучше показали себя бронированные кабели для прокладки в земле. Но в этом случае, регенерации поврежденной части кабель не простая

задача. Точной локализации места повреждения кабеля не всегда возможно. Поэтому вы должны найти большие отрезки кабеля. Таким образом, в линиях связи на базе бронированных кабелей скалы, по крайней мере, но регенерации занимает больше времени, существуют трудности в работе.

требования по надежности:

- коэффициент готовности K_g (тем выше, чем ниже плотность повреждений и меньше время их устранения);
- срок службы – календарная продолжительность рабочего состояния кабеля с момента ввода в эксплуатацию до момента перехода в предельное состояние, то есть в состояние, при котором дальнейшая эксплуатация ОК недопустима или нецелесообразна. В среднем срок службы ОК равен 25 годам;
- среднее время восстановления T_v (время устранения отказов ОК).

Требуемыми показателями надежности аппаратуры линейного тракта магистральной первичной сетей СМП с максимальной протяженностью $L = 12500$ км без резервирования являются [11]:

1. Коэффициент готовности $K_g = 0,92$;
2. Среднее время между отказами $T_o > 40$ часов;
3. Время восстановления ОК $T_v < 10$ часов (в том числе время подъезда 3,5 ч).

$$\mu = 0,34, \quad (4.1)$$

где μ - среднее число (плотность) отказов ОК за счет внешних повреждений на 100 км кабеля в год (по статистике повреждений на коаксиальный кабель равно 0,34).

Интенсивность отказа за 1 час на 329 км трассы определяется по формуле

$$\lambda_k = \frac{\mu \cdot L}{8760 \cdot 100}, \quad (4.2)$$

где $L = 156$ км – длина кабеля;

8760 - количество часов в году.

$$\lambda_k = \frac{0,34 \cdot 156}{8760 \cdot 100} = 6,05 \cdot 10^{-5}$$

Интенсивность отказа линейного тракта $\lambda_{лт}$, 1/ч определяется по формуле (4.3):

$$\lambda_{лт} = \lambda_k + \lambda_{оп} \cdot n_{оп} + \lambda_{нрп} \cdot n_{нрп}, \quad (4.3)$$

где $\lambda_{оп} = 30 \cdot 10^{-6}$ – интенсивность отказов на ОП в час;

$n_{оп} = 2$ – количество ОП;

$\lambda_{нрп} = 1,5 \cdot 10^{-6}$ – интенсивность отказов на НРП в час

$n_{нрп} = 2$ – количество НРП;

$$\lambda_{лт} = 6,05 \cdot 10^{-5} + 30 \cdot 10^{-6} \cdot 2 + 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 6,36 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}$$

Наработка на отказ линейного тракта $T_{лт}$, ч определится по формуле (4.4):

$$T_{лт} = \frac{1}{\lambda_{лт}} \quad (4.4)$$

$$T_{лт} = \frac{1}{6,36 \cdot 10^{-5}} = 15,72 \cdot 10^3 \text{ ч}$$

Среднее время восстановления линейного тракта $T_{ВЛТ}$, ч определится по формуле (4.5):

$$T_{ВЛТ} = \frac{\lambda_{\kappa} \cdot l_{\kappa} \cdot T_{БК} + \lambda_{оп} \cdot n_{оп} \cdot T_{ВОП} + \lambda_{нрп} \cdot n_{нрп} \cdot T_{ВНРП}}{\lambda_{ЛТ}}, \quad (4.5)$$

где $T_{БК} = 10$ ч – среднее время восстановления одного километра кабеля;
 $T_{ВОП} = 0,5$ ч – среднее время устранения повреждения на ОП;
 $T_{ВНРП} = 2,5$ ч – среднее время устранения повреждения на НРП.

$$T_{ВЛТ} = \frac{6,05 \cdot 10^{-5} \cdot 10 + 30 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 0,5 + 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 2,5}{15,72 \cdot 10^3} = 6,17 \cdot 10^{-9} \text{ ч}$$

Коэффициент простоя K_{Π} определится по формуле (4.6):

$$K_{\Pi} = \frac{T_{ВЛТ}}{T_{ЛТ} + T_{ВЛТ}} \quad (4.6)$$

$$K_{\Pi} = \frac{6,17 \cdot 10^{-9}}{15,72 \cdot 10^3 + 6,17 \cdot 10^{-9}} = 6,36 \cdot 10^{-7}$$

Коэффициент готовности линейного тракта $K_{Г}$ определится по формуле (4.7):

$$K_{Г} = \frac{T_{ЛТ}}{T_{ЛТ} + T_{ВЛТ}} \quad (4.7)$$

$$K_{Г} = \frac{5,24 \cdot 10^3}{5,24 \cdot 10^3 + 2,5 \cdot 10^{-7}} = 0,9999999995$$

Рассчитанный коэффициент готовности $K_{Г}$ соответствует заданному в исходных данных. Одним из основным преимуществ технологии DWDM может быть возможность такой организации сетей при которой достигается высокая значимость ее функционирования, обусловленная не только значимостью оборудования и значимостью среды передатчика, но и возможностью сохранения или работоспособности сетей даже в случае отказа одного из ее элементов или среды передатчика.

Основной метод обеспечения быстрого восстановления работоспособности синхронных линий – организация самовосстанавливающихся линий, резервируемых по схеме 1+1. На проектируемом участке ст. Семипалатинск- ст. Челябинск за счет использования данного способа резервирования достигается высокая значимость транспортной сетей. [13]

4.7 Измерения и настройка систем DWDM

Использование технологии DWDM дает многочисленные Достоинства, Но требует высокого уровня подготовки технического персонала и современного контрольно-измерительного оборудования.

Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического

кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в ряду железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линиях случаются чаще, но время, потраченное на регенерацию здоровья сетей, значительно меньше.

Неудачные комментарии эксплуатации кабеля, проложенного в пластмассовую трубку. В наших условиях трубы текут, они проникает вода, они замерзают. Поэтому расширение проникновения песка. Ремонт поврежденных областей в этих условиях крайне сложно. Замена кабеля в трубе в зимних условиях очень сложно. Очень тяжело замена кабеля и летом условия для проникновения в трубу песок. Потянув поврежденный участок кабеля из трубы с целью его замены проблематично, в большинстве случаев, кабель не тянуло. В конце концов, время замены поврежденного участка гораздо больше, чем при восстановлении поврежденного участка подвесной линии и многое другое. Несколько лучше показали себя бронированные кабели для прокладки в земле. Но в этом случае, регенерации поврежденной части кабель не простая задача. Точной локализации места повреждения кабеля не всегда возможно. Поэтому вы должны найти большие отрезки кабеля. Таким образом, в линиях связи на базе бронированных кабелей скалы, по крайней мере, но регенерации занимает больше времени, существуют трудности в работе.

. Продолжающееся внедрение и возрастающая сложность компонентов DWDM поднимают вопрос об интеграции с существующими системами связи технологий их контроля, а также полной автоматизации испытаний. [14]

4.7.1 Параметры сигналов и компонентов

Конечной целью измерений параметров сигналов в системах DWDM может быть проверка работоспособности линии, по которой идет множество информационных потоков, т. е. подтверждение того, что полезная информация не только передается по всему оптическому тракту и что ее можно выделить из общего сигнала на принимающей стороне.

При выборе конструкции кабеля для определенной цели, следует учитывать несколько аспектов, которые должны включать:

- кабельные соответствия с ГОСТ, ТУ, которая разработана в соответствии с требованиями ITU-T (international telecommunication Union - сектор стандартизации (телекоммуникации), МЭК (Международная электротехническая комиссия), и нету (комитета по электронным компонентам в составе CENELEC);

- по ок требуемых рабочих характеристик. При определении пропускной способности волоконно учитывать потери волокна и требования перемен. Эти характеристики должны соответствовать самым строгим условиям, которые возникнут в процессе эксплуатации;

- кабель может быть удобным в эксплуатации и установке. Он может иметь гибкость, цветовое кодирование, легкий вес, сопротивление изгибу,

дробления и напряженности, создание условий для быстрого монтажа и надежность в эксплуатации;

- кабель может быть удобной в области сварки и герметизации в пределе устройства. Легкой идентификации кабеля и волоконно облегчения сварки и делает его более точным. Внешней защитной оболочки и покрытия должны быть удалены. Важным моментом может быть сколы волокон и регулировки оптического волокна и кабеля, а также защиты местах сварки;

- кабель может иметь удобный ярлык, который способствует быстрому ремонта и простоя кабельных трасс;

- кабель может удовлетворять требованиям в отношении конкретных природно-климатических условий места эксплуатации. как приведено на рисунке 8.1, т. е. разница между полезным сигналом и уровнем накопленных шумов. В этом случае пороговый Порог содержит в себя накопленные шумы и, соответственно, располагается выше. [14]

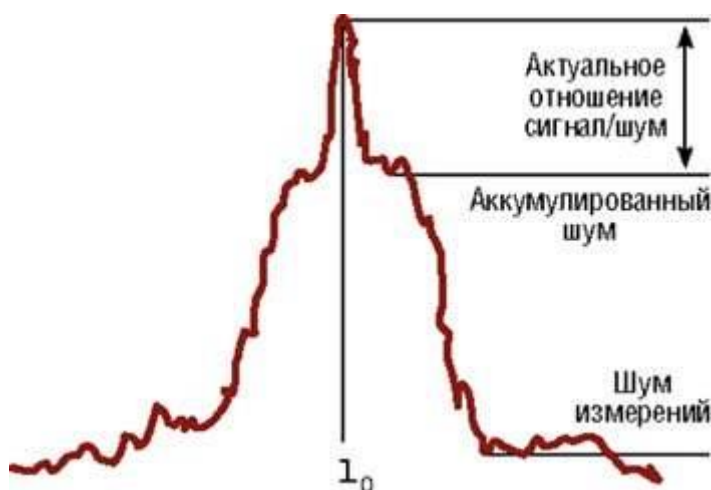


Рисунок 8.1 - Влияние накопленного шума.

Чем длиннее линия, тем шире спектр сигнала, во-первых, из-за влияния нелинейных эффектов во всем волоконно-оптическом тракте и, главным образом, в усилителях, а во-вторых, Поэтому поляризационно-модовой дисперсии (Polarized Mode Dispersion, PMD) сигнала в оптическом кабеле. Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в ряду железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линий случаются чаще, но время, потраченное на регенерацию здоровья сетей, значительно меньше.

Неудачные комментарии эксплуатации кабеля, проложенного в пластмассовую трубку. В наших условиях трубы текут, они проникает вода, они замерзают. Поэтому расширение проникновения песка. Ремонт поврежденных областей в этих условиях крайне сложно. Замена кабеля в трубе

в зимних условиях очень сложно. Очень тяжело замена кабеля и летом условия для проникновения в трубу песок. Потянув поврежденный участок кабеля из трубы с целью его замены проблематично, в большинстве случаев, кабель не тянуло. В конце концов, время замены поврежденного участка гораздо больше, чем при восстановлении поврежденного участка подвесной линии и многое другое. Несколько лучше показали себя бронированные кабели для прокладки в земле. Но в этом случае, регенерации поврежденной части кабель не простая задача. Точной локализации места повреждения кабеля не всегда возможно. Поэтому вы должны найти большие отрезки кабеля. Таким образом, в линиях связи на базе бронированных кабелей скалы, по крайней мере, но регенерации занимает больше времени, существуют трудности в работе.

В первую очередь, это максимальные вносимые потери и соответствующая им центральная длина волны канала. Максимальные вносимые потери — критическая величина для работоспособности системы, от которой зависит амплитуда переданного сигнала. Если вносимые потери превышают суммарно допустимые потери системы, то сигнал нужно дополнительно усилить, чтобы компенсировать такое ослабление.



Рисунок 8.2 - Пропускающая способность и полоса пропускания.

В системах DWDM всегда большое внимание уделяется взаимосвязке характеристик оптических фильтров. Монтаж систем DWDM и устранение неисправностей них требуют OSA процедуры гораздо более сложная, чем обычного тестирования. Оптическое волокно должно быть проверено в общей потери, ORL, отклонения в режиме поляризацию и др. Для ситуаций, когда требуется высокая точность измерения длины волны, вместе с орд могут быть вовлечены монохроматор - метровой длины волны.

Такой универсальный анализатор предназначен для контроля официальным каналам (оптический контрольный канал, OSC), используемые для мониторинга систем DWDM. Для таких каналов выберите один из следующих длин волн - 1510, 1625 или 1490 нм. [16]

Стандартный анализаторы позволяют точно определить все оптические параметры, но, тем не менее, не обеспечивает анализ битных ошибок. Поэтому, когда он используется для регулировки и контроля информации, оптические OSA должен иметь специальный выход для подключения тестера коэффициент

битовых ошибок. В этом случае внутренний фильтр в OSA регулировка длины волны для выбора соответствующего канала в системе DWDM и передатчик сигналов анализатор ошибок.

. Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в ряду железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линиях случаются чаще, но время, потраченное на регенерацию здоровья сетей, значительно меньше.

Неудачные комментарии эксплуатации кабеля, проложенного в пластмассовую трубку. В наших условиях трубы текут, они проникает вода, они замерзают. Поэтому расширение проникновения песка. Ремонт поврежденных областей в этих условиях крайне сложно. Замена кабеля в трубе в зимних условиях очень сложно. Очень тяжело замена кабеля и летом условия для проникновения в трубу песок. Потянув поврежденный участок кабеля из трубы с целью его замены проблематично, в большинстве случаев, кабель не тянуло. В конце концов, время замены поврежденного участка гораздо больше, чем при восстановлении поврежденного участка подвесной линии и многое другое. Несколько лучше показали себя бронированные кабели для прокладки в земле. Но в этом случае, регенерации поврежденной части кабель не простая задача. Точной локализации места повреждения кабеля не всегда возможно. Поэтому вы должны найти большие отрезки кабеля. Таким образом, в линиях связи на базе бронированных кабелей скалы, по крайней мере, но регенерации занимает больше времени, существуют трудности в работе.

Особенно сильно нелинейные эффекты проявляются при больших мощностях сигнала. Поэтому в современных системах суммарная мощность излучения по всем каналам не должна превышать 17 дБм. Проверка полной мощности сигнала до и после усилителя функционально необходима [6].

4.8 Методы измерения и контроля

Измерение и контроль оптических сигналов и компонентов обычно производятся по одной из трех методик: в первой используют лазер с перестройкой частоты и измеритель оптической мощности, в другой — широкополосный источник излучения и оптический анализатор спектра; третья методика может быть для контроля поляризационно-зависимых потерь.

Согласно первой схеме все каналы проверяются последовательно, для При выборе конструкции кабеля для определенной цели, следует учитывать несколько аспектов, которые должны включать:

- кабельные соответствия с ГОСТ, ТУ, которая разработана в соответствии с требованиями ITU-T (international telecommunication Union - сектор стандартизации (телекоммуникации), МЭК (Международная

электротехническая комиссия), и нету (комитета по электронным компонентам в составе CENELEC);

- по ок требуемых рабочих характеристик. При определении пропускной способности волоконно учитывать потери волокна и требования перемен. Эти характеристики должны соответствовать самым строгим условиям, которые возникнут в процессе эксплуатации;

- кабель может быть удобным в эксплуатации и установке. Он может иметь гибкость, цветовое кодирование, легкий вес, сопротивление изгибу, дробления и напряженности, создание условий для быстрого монтажа и надежность в эксплуатации;

- кабель может быть удобной в области сварки и герметизации в пределе устройства. Легкой идентификации кабеля и волоконно облегчения сварки и делает его более точным. Внешней защитной оболочки и покрытия должны быть удалены. Важным моментом может быть сколы волокон и регулировки оптического волокна и кабеля, а также защиты местах сварки;

- кабель может иметь удобный ярлык, который способствует быстрому ремонта и простоя кабельных трасс;

- кабель может удовлетворять требованиям в отношении конкретных природно-климатических условий места эксплуатации. Главный недостаток данного метода — временные затраты, необходимые для перевода излучения в желаемый диапазон длин волн, а также для проверки длины волны дополнительным устройством.

Второй метод предусматривает использование широкополосного источника излучения наподобие оптического светодиода (LED) или эрбиевого источника (ASE), а также анализатора оптического спектра (OSA).

Широкополосный источник излучает во всем спектре частот проверяемого устройства. Таким образом, измерения проводятся для всех длин волн. Поэтому дополнительные устройства не требуются, поскольку анализатор спектра делит излучение по длине волны для всего диапазона и измеряет передаваемую мощность для каждой длины волны отдельно.

4.8.1 Анализатор оптического спектра

Анализаторы спектра — это новый вид приборов. Обычно OSA позволяют контролировать центральную длину волны, расстояние между соседними каналами, а также общие характеристики, такие, как мощность, отношение сигнал/шум и др. Но их разрешающая способность зависит от используемой модели и обычно ограничена 0,1 нм. [16]

Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в ряду железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линиях случаются чаще, но время, потраченное на регенерацию здоровья сетей, значительно

меньше.

Неудачные комментарии эксплуатации кабеля, проложенного в пластмассовую трубку. В наших условиях трубы текут, они проникает вода, они замерзают. Поэтому расширение проникновения песка. Ремонт поврежденных областей в этих условиях крайне сложно. Замена кабеля в трубе в зимних условиях очень сложно. Очень тяжело замена кабеля и летом условия для проникновения в трубу песок. Потянув поврежденный участок кабеля из трубы с целью его замены проблематично, в большинстве случаев, кабель не тянуло. В конце концов, время замены поврежденного участка гораздо больше, чем при восстановлении поврежденного участка подвесной линии и многое другое. Несколько лучше показали себя бронированные кабели для прокладки в земле. Но в этом случае, регенерации поврежденной части кабель не простая задача. Точной локализации места повреждения кабеля не всегда возможно. Поэтому вы должны найти большие отрезки кабеля. Таким образом, в линиях связи на базе бронированных кабелей скалы, по крайней мере, но регенерации занимает больше времени, существуют трудности в работе.

Параллельные линии на поверхности дифракционной решетки разделяют световой сигнал в оптический спектр. Как только сигнал разделен, мощность заданной длины волны может быть измерена путем установки детектора в месте максимальной концентрации света нужной длины волны.

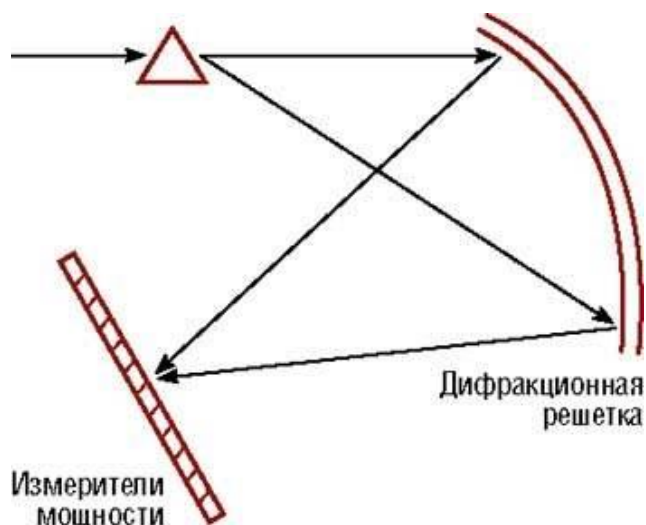


Рисунок 8.3 - Схема действия простейшего OSA

На рисунке 8.3 схематически приведено устройство самого простого OSA с фиксированным детектором — это так называемый однопроходный монохроматор. В выпускаемых Сейчас OSA данная технология улучшена за счет использования новых дисперсионных решеток, многопроходных схем и более точных схем измерения мощности. Но подобные OSA все же недостаточно компактны, к тому же они требуют достаточно деликатного обращения — это типично лабораторные приборы. Анализаторам спектра, где для разделения сигналов используется интерферометр Майкельсона, вышеперечисленные недостатки присущи в полной мере. Сейчас наибольшее

распространение получили анализаторы на основе перестраиваемых фильтров, главным образом, работающих по принципу Фабри-Перо. [16]

При выборе конструкции кабеля для определенной цели, следует учитывать несколько аспектов, которые должны включать:

- кабельные соответствия с ГОСТ, ТУ, которая разработана в соответствии с требованиями ITU-T (international telecommunication Union - сектор стандартизации (телекоммуникации), МЭК (Международная электротехническая комиссия), и нету (комитета по электронным компонентам в составе CENELEC);

- по ок требуемых рабочих характеристик. При определении пропускной способности волоконно учитывать потери волокна и требования перемен. Эти характеристики должны соответствовать самым строгим условиям, которые возникнут в процессе эксплуатации;

- кабель может быть удобным в эксплуатации и установке. Он может иметь гибкость, цветовое кодирование, легкий вес, сопротивление изгибу, дробления и напряженности, создание условий для быстрого монтажа и надежность в эксплуатации;

- кабель может быть удобной в области сварки и герметизации в пределах устройства. Легкой идентификации кабеля и волоконно облегчения сварки и делает его более точным. Внешней защитной оболочки и покрытия должны быть удалены. Важным моментом может быть сколы волокон и регулировки оптического волокна и кабеля, а также защиты местах сварки;

- кабель может иметь удобный ярлык, который способствует быстрому ремонту и простоя кабельных трасс;

- кабель может удовлетворять требованиям в отношении конкретных природно-климатических условий места эксплуатации..

Монтаж систем DWDM и устранение неисправностей них требуют OSA процедуры гораздо более сложная, чем обычного тестирования. Оптическое волокно должно быть проверено в общей потери, ORL, отклонения в режиме поляризацию и др. Для ситуаций, когда требуется высокая точность измерения длины волны, вместе с орд могут быть вовлечены монохроматор - метровой длины волны.

Такой универсальный анализатор предназначен для контроля официальным каналам (оптический контрольный канал, OSC), используемые для мониторинга систем DWDM. Для таких каналов выберите один из следующих длин волн - 1510, 1625 или 1490 нм. [16]

Стандартный анализаторы позволяют точно определить все оптические параметры, но, тем не менее, не обеспечивает анализ битных ошибок. Поэтому, когда он используется для регулировки и контроля информации, оптические OSA должен иметь специальный выход для подключения тестера коэффициент битовых ошибок. В этом случае внутренний фильтр в OSA регулировка длины волны для выбора соответствующего канала в системе DWDM и передатчик сигналов анализатор ошибок.

4.8.2 Анализ поляризационно-зависимых потерь

В технологии DWDM существенное влияние на качество передатчика информации также оказывают поляризационно-зависимые потери (Polarization Dependent Loss, PDL), т. е. различие в потерях по-разному поляризованных мод излучения. Фотоприемник реагирует на комбинацию этих мод, и результирующий импульс света хаотически изменяется по амплитуде. Чтобы избежать порождаемых таким явлением нежелательных эффектов, оптические характеристики устройств тракта DWDM должны быть слабо чувствительными к поляризации излучения. [17]

При выборе конструкции кабеля для определенной цели, следует учитывать несколько аспектов, которые должны включать:

- кабельные соответствия с ГОСТ, ТУ, которая разработана в соответствии с требованиями ITU-T (international telecommunication Union - сектор стандартизации (телекоммуникации), МЭК (Международная электротехническая комиссия), и IEC (комитета по электронным компонентам в составе CENELEC);

- по ок требуемых рабочих характеристик. При определении пропускной способности волоконно учитывать потери волокна и требования перемен. Эти характеристики должны соответствовать самым строгим условиям, которые возникнут в процессе эксплуатации;

- кабель может быть удобным в эксплуатации и установке. Он может иметь гибкость, цветовое кодирование, легкий вес, сопротивление изгибу, дробления и напряженности, создание условий для быстрого монтажа и надежность в эксплуатации;

- кабель может быть удобной в области сварки и герметизации в пределах устройства. Легкой идентификации кабеля и волоконно облегчения сварки и делает его более точным. Внешней защитной оболочки и покрытия должны быть удалены. Важным моментом может быть сколы волокон и регулировки оптического волокна и кабеля, а также защиты мест сварки;

- кабель может иметь удобный ярлык, который способствует быстрому ремонту и простоя кабельных трасс;

- кабель может удовлетворять требованиям в отношении конкретных природно-климатических условий места эксплуатации. Современный модульный подход к построению измерительного оборудования упрощает эту задачу. Модули, имеющие общую структуру и командный язык управления, можно соединять многочисленными способами и удовлетворять Поэтому требованиям большинства измерительных процедур. Программное обеспечение управления измерительными установками дает перепрограммировать процедуры измерений на языках высокого уровня.

4.8.3 Рефлектометрические измерения

Оптический рефлектометр OTDR (оптический рефлектометр) - это электронное устройство, и являются наиболее полнофункциональный инструмент для оперативного анализа оптических кабельных линий. [17] Чаще всего домена, reflectometers, используя принцип измерения обратного

рассеяния. Мощность отраженного или рассеянного в противоположном направлении света измеряется и отображается на экране. С помощью РЕФЛЕКТОМЕТРА можно оценить распределение затухания длина линий, определить место разрыва и оценить степень их влияния на передаваемый сигнал. Рефлектометр легко диагностировать состояние волоконно-оптических сетевых измерений от одного торца волокна.

След определить:

- суммарные потери в волокне и его коэффициент затухания;
- распределение потерь в волокне;
- расположение муфт (сварные и механических соединений и потерь в них
- травмы волокна;
- оптические волокна длиной.

Динамический диапазон OTDR находится в пределах 25-40 дБ, что обеспечивает им измерение S-длина до 200 км. Современные волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) обладают высокой проникаемостью, возможность на высокой скорости при передаче данных, нечувствительность к электромагнитным помехам, отсутствие электромагнитного излучения. Из-за последние два свойства устройства, волоконно-оптические в идеале, через подвески оптического кабеля линий электропередачи (ЛЭП). Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в серии железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линиях будут происходить чаще, но время, потраченное на восстановление здоровья сетей, гораздо меньше. Следует учитывать несколько аспектов, которые должны включать:

- кабельные соответствия с ГОСТ, ТУ, которая разработана в соответствии с требованиями ITU-T (international telecommunication Union - сектор стандартизации (телекоммуникации), МЭК (Международная электротехническая комиссия), и нету (комитета по электронным компонентам в составе CENELEC);

Современные волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) обладают высокой проникаемостью, возможность на высокой скорости при передаче данных, нечувствительность к электромагнитным помехам, отсутствие электромагнитного излучения. Из-за последние два свойства устройства, волоконно-оптические в идеале, через подвески оптического кабеля линий электропередачи (ЛЭП). Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в серии железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линиях будут происходить чаще, но время, потраченное на

восстановление здоровья сетей, гораздо меньше- кабель может удовлетворять требованиям в отношении конкретных природно-климатических условий места эксплуатации. общего канала ответвителя и входного торца тестируемого ОВ, точка 1 соответствует месту соединения волокон (например, при сращивании строительных длин). Наличие импульса и заметного скачка свидетельствует о плохом качестве соединения. Выброс 3 может свидетельствовать о наличии локальной неоднородности типа микротрещины, точка 4 – френелевскому отражению от выходного торца ОВ.

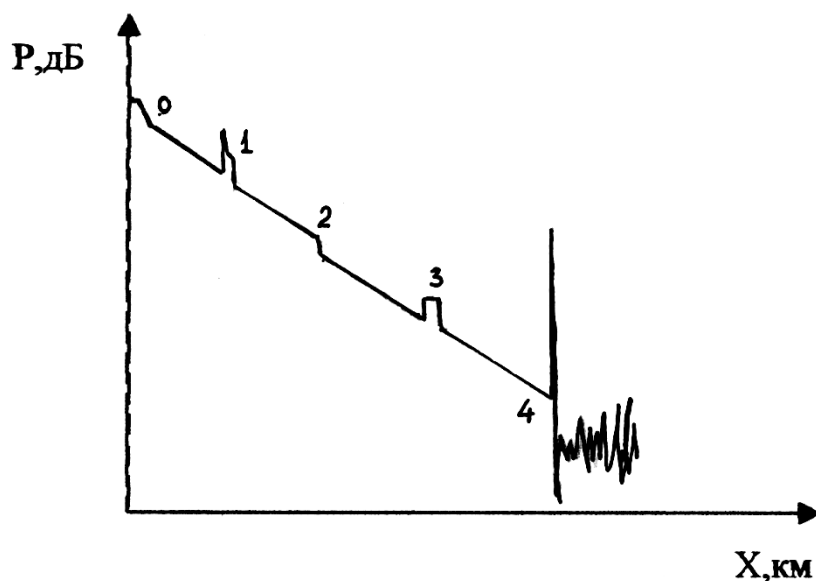


Рисунок 8.4 – Рефлектограмма ОВ

5 Подвеска волоконно-оптического кабеля на опорах ЛЭП

Современные волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) обладают высокой проникаемостью возможность на высокой скорости при передаче данных, нечувствительность к электромагнитным помехам, отсутствие электромагнитного излучения. Из-за последние два свойства устройства, волоконно-оптические в идеале, через подвески оптического кабеля линий электропередачи (ЛЭП). Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в серии железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линиях будут происходить чаще, но время, потраченное на восстановление здоровья сетей, гораздо меньше.

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) обладают высокой проникаемостью возможность на высокой скорости при передаче данных, нечувствительность к электромагнитным помехам, отсутствие

электромагнитного излучения. Из-за последние два свойства устройства, волоконно-оптические в идеале, через подвески оптического кабеля линий электропередачи (ЛЭП). Системы связи на основе несущий трос не очень надежны, чем системы на основе кабелей, проложенных в земле, может быть ошибочным. Таким образом, наличие кабельные системы для сетей связи с подвеской оптического кабеля больше, чем в сетях на основе кабелей, проложенных в земле, в серии железных дорог. Так что все заботы, связанные с характеристиками подвески кабеля не удалось. Да, конечно, открывает на воздушных линиях будут происходить чаще, но время, потраченное на восстановление здоровья сетей, гораздо меньше

Основные трудности при укладке ВОЛС по воздушным линиям электропередач связаны с нужностью получения разрешений на проведение монтажных работ, разрешения на отключение подачи напряжения (согласно правилам и техники безопасности выполнения работ). Кроме данного, рабочие должны быть обучены и иметь соответствующий допуск по электробезопасности и к выполнению работ на высоте. [20]

К недостаткам воздушной укладки ок на данном этапе можно отнести неэстетичность, меньший срок службы и подверженность высоким механическим напряжениям из-за воздействия окружающей среды, а также сложность расчетов при проектировании.

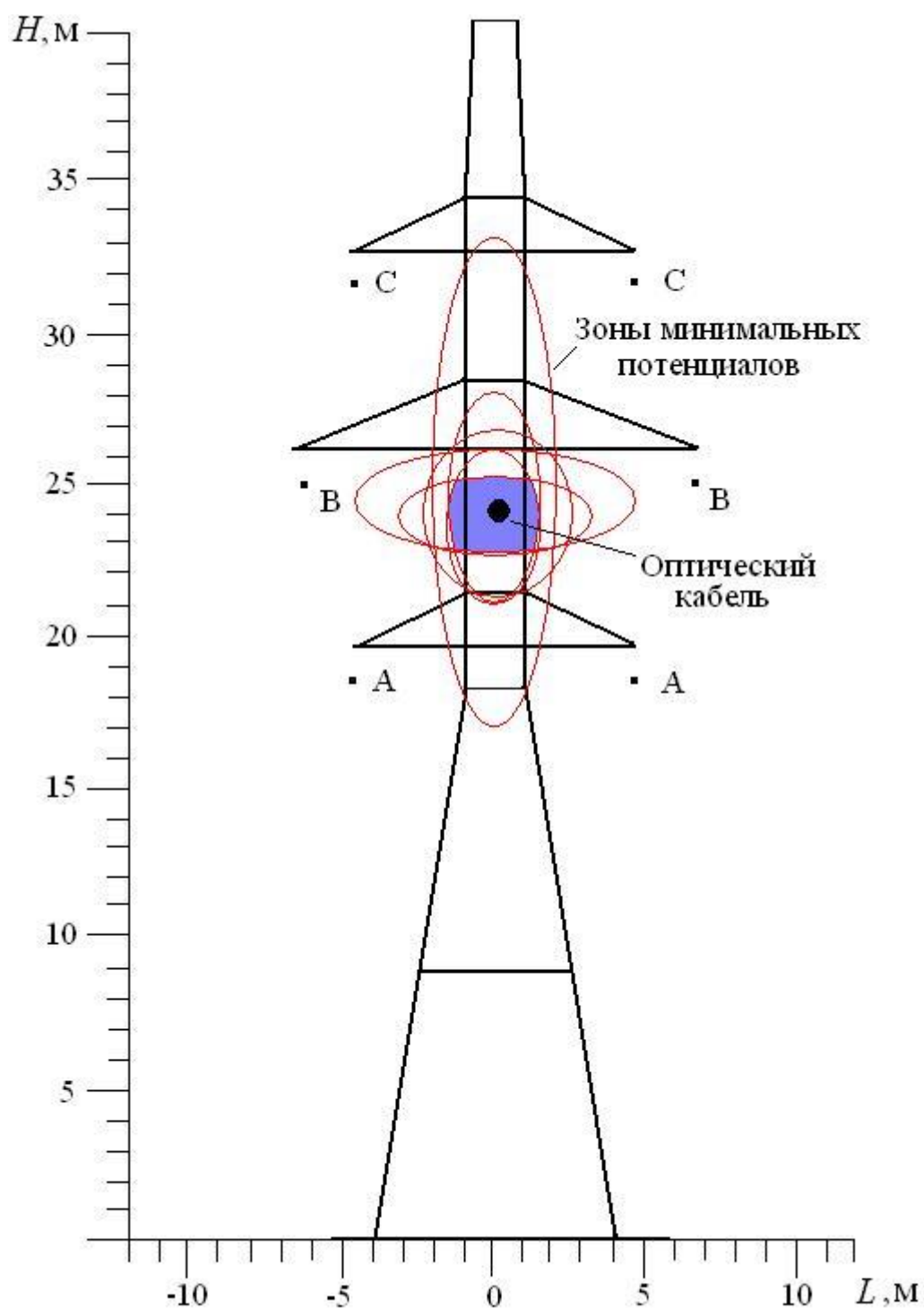


Рисунок 5.1 - Рекомендуемое положение самонесущего оптического кабеля.

6 Бизнес план

6.1 Общая информация о проекте

На рынке Казахстана разным компаниям, и каждая стремится создать вашу сеть, но главная цель бизнес-плана может быть обоснование необходимости проектирование волоконно - оптической линии связи между городами Костанай-Челябинск с использованием DWDM . Общая протяженность маршрута составляет 318 км в проекте предусматривается прокладка линии связи на главный сайт сети с использованием существующих помещений для размещения терминалов. Этот проект реализован для компании "Казахтелеком", который может стать крупнейшим оператором на телекоммуникационном рынке Казахстана. [25]

Основной целью управляющей компании являются:

- a) создания удобства и выгоды, связанные с локальной мобильности;
- b) прибыль;
- c) улучшение качества связи.

Целью составление бизнес-плана-предоставить руководство полной и достоверной информации о положении компании и ее рыночных возможностей. Бизнес-план показывает, является ли проект приносить прибыль и в какой степени, конкурентоспособность и так далее. Бизнес-план разработан таким образом, чтобы привлечь инвесторов.

6.2 Достоинства предлагаемой технологии

На рынке Казахстана разным компаниям, и каждая стремится создать в вашей сети, но не у всех есть возможность создавать свои собственные сети. Таким образом, большинство компаний предпочитают арендовать каналы от крупных организаций. Но следует отметить, что это не может быть гарантии того, что проект себя оправдает. Но не известно, будет ли более мелкие организации, чтобы воспользоваться нашими услугами, поэтому мы должны создать гибкую, быстро, прозрачно и с высоким качеством и возможностью передатчик различных сигнальной линии. [15]

Очевидно, что технология DWDM имеет преимущества, как с точки зрения пропускной способности и условий далее omednenija сетей:

- DWDM может быть стабильной платформы для предоставления услуг, возможность значительно увеличить емкость сделать сеть удобной для пользователя;
- технологии сетевого трафика широкий спектр решений, от систем IP-оборудования SDH и другие;
- существуют отличные условия для расширения сети, что означает уверенность в завтрашнем дне для клиентов;
- DWDM-технология обеспечивает сетевой сочетать гибкость управления относительно низкоскоростные каналы на периферии с высокой скоростью передачи данных .

Преимущества DWDM очевидным. Эта технология позволяет получить наиболее обширную и экономически эффективный способ увеличить пропускную способность волоконно-оптических каналов в сотни раз. Полоса пропускания на основе оптических систем DWDM может расти. [15]

6.3 Возможные риски

Риски есть в каждом проекте. И анализ рисков может быть обязательным элементом оценки привлекательности проекта. В отношении рассматриваемого проекта возможны следующие Риски:

- а) ухудшение общей экономической ситуации в Республике Казахстан;
- б) недобросовестность и низкая квалификация разработчиков;
- в) резкое ухудшение технического состояния волоконно-оптической линии связи;
- г) неоплата аренды каналов со стороны арендаторов;
- д) изменение состояния рынка телекоммуникационных услуг в Республике Казахстан, неустойчивый спрос;
- ж) появление альтернативного и более дешевого продукта;
- з) признание банкротом предприятия предоставляющие услуги. [25]

6.3 Финансовый план

6.3.1 Расчет капитальных вложений

Затраты по капитальным вложениям на реализацию проекта включают в себя затраты на приобретение основного оборудования, монтаж оборудования, транспортные расходы и проектирование, и рассчитывается по формуле:

$$K_{\Sigma} = K_O + K_M + K_{TP} + K_{ПР} \quad (6.1)$$

где: K_O – капитальные вложения на приобретение основного оборудования;

K_M – расходы по монтажу оборудования;

K_{TP} – транспортные расходы;

$K_{ПР}$ – затраты на проектирование.

Общий перечень нужного основного оборудования и его стоимость приведены в таблице 11.1

Таблица 6.1 - Смета затрат на приобретение основного оборудования для реализации проекта

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., тыс.тенге	Сумма,тыс тенге (без НДС)
--------------	-----------------	------------------------	---------------------------

DWDM OpTiX BWS 1600G	2шт	330	660
Мультиплексоры ввода/вывода оконечные	2шт	10	20
Оптический кабель	318 км	80	15 000
Мультиплексоры ввода/вывода НРП	2шт	400	800
Прочие материалы			100
ИТОГО:			16650

Транспортные расходы, составляют 3% от стоимости всего оборудования и рассчитываются по формуле:

$$K_{тр.} = 16650 * 0,03 = 499,5 \text{ тыс.тг}$$

Монтаж оборудования, пуско-наладка производится инженерами-монтажниками, расходы составляют 1% от стоимости всего оборудования и рассчитываются по формуле:

$$K_{тр.} = 16650 * 0,01 = 166,5 \text{ тыс.тг.}$$

Расходы по проектированию и разработке проекта составляют 0,5% от стоимости всего оборудования и рассчитываются по формуле:

$$K_{пр.} = 16650 * 0,005 = 83,25 \text{ тыс.тг.}$$

Общая сумма капитальных вложений по реализации проекта составляет:

$$\Sigma K = 16650 + 499,5 + 166,5 + 83,25 \text{ тыс} = 17399,25.$$

6.3.2 Расчет эксплуатационных расходов

Текущие затраты на эксплуатацию данной системы связи определяются по формуле:

$$Э_p = ФОТ + O_c + A_o + Э + Н \quad (6.2)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда;

O_c – отчисления на соц. нужды;

A_o – амортизационные отчисления;

$Э$ – электроэнергия для производственных нужд;

$Н$ – накладные затраты;

Фонд оплаты труда

В штате данного проекта состоят 2 инженера-техника. Месячная зарплата у инженера-техника составляет 90 000 тенге. Заработная плата сотрудников приведена в таблице 6.2

Таблица 6.2 – Заработная плата сотрудников

Должность	Количество	Месячная заработная плата, тенге	Годовая заработная плата, тенге

Инженер-техник	2	90 000	2160 000
----------------	---	--------	----------

Затраты по оплате труда состоят из основной и дополнительной заработных плат и рассчитываются по формуле:

$$\Phi OT = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (6.3)$$

где: $Z_{осн}$ - основная заработная плата;

$Z_{доп}$ - дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата в год составляет:

$Z_{осн} = 2160\,000$ тенге.

Дополнительная заработная плата составляет 20% от основной заработной платы и рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = Z_{осн.} \cdot 0,2. \quad (6.4)$$

$Z_{доп} = 2160\,000 \cdot 0,2 = 432\,000$ тенге.

Общий фонд оплаты труда за год составит:

$\Phi OT = 2160\,000 + 432\,000 = 2592\,000$ тенге.

Расчет затрат по социальному налогу

В соответствии со статьей 385 Налогового кодекса РК социальный налог составляет 11% от начисленных доходов и рассчитывается по формуле:

$$O_c = 0,11 \cdot (\Phi OT - ПО) \quad (6.5)$$

где ПО – отчисления в пенсионный фонд.

ΦOT – фонд оплаты труда

0,11 – ставка на социальные нужды

Отчисления в пенсионный фонд составляют 10% от ΦOT , социальным налогом не облагаются и рассчитываются по формуле:

$$ПО = 0,1 \cdot \Phi OT \quad (6.6)$$

$O_c = 0,11(2592\,000 - 2592\,000 \cdot 0,1) = 256\,608$ тенге

Расчет затрат на амортизацию

Амортизационные отчисления берутся исходя из того, что норма амортизации на оборудование связи составляет 15% и вычисляются по следующей формуле:

$$A_0 = H_A \cdot \sum K \quad (6.7)$$

Где H_A - норма амортизации;

$\sum K$ – стоимость оборудования;

Тогда амортизационные отчисления составляют:

$A_0 = 17399,25 \cdot 0,15 = 2609,89$ тыс.тг

Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию для производственных нужд в течение года, включают в себя расходы электроэнергии на оборудование и дополнительные нужды и рассчитываются по формуле:

$$Э = Э_{эл.обор.} + Э_{доп.нуж.}, \quad (6.8)$$

где: $Э_{эл.обор.}$ – затраты на электроэнергию для оборудования;

$Э_{доп.нуж.}$ – затраты на дополнительные нужды;

Затраты электроэнергии на оборудование рассчитывается по формуле

$$Э_{эл.обор.} = W \cdot T \cdot S \cdot 24 \cdot 12, \quad (6.9)$$

где: W – потребляемая мощность, $W=16,8\text{кВт}$;

T – время работы;

S – тариф, равный $1\text{ кВтч}=21\text{ тг.}$

24 – количество рабочих дней в месяце;

12 – количество месяцев в году.

$$З_{\text{эл.обор.}} = 12 \cdot 21 \cdot 24 \cdot 12 = 58060,8$$

тенге

Затраты на дополнительные нужды составляют 5% от затрат на электроэнергию оборудования и рассчитываются по формуле:

$$З_{\text{доп.нуж.}} = 0,05 \cdot З_{\text{эл.обор.}} \quad (6.10)$$

Где $З_{\text{эл.обор.}}$ - затраты на электроэнергию для оборудования;

Затраты на электроэнергию для дополнительных нужд:

$$З_{\text{доп.нуж.}} = 0,05 \cdot 58060,8 = 2903,04 \quad \text{тенге}$$

Тогда суммарные затраты на электроэнергию будут равны:

$$З = 58060,8 + 2903,04 = 60963,84 \quad \text{тенге}$$

Расчет накладных затрат

Накладные расходы составляют 45 % от всех затрат и рассчитываются по формуле:

$$H = 0,75 \cdot (\Phi OT + O_c + A_0 + З_{\text{эл.обор.}}) \quad (6.11)$$

Тогда накладные затраты составят:

$$H = (2592000 + 256608 + 2609890 + 60964) \cdot 0,45 = 2483,758 \text{ тыс.тенге}$$

Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов проекта по построению сетей, представлены в таблице 6.3

Таблица 6.3 – Годовые эксплуатационные расходы

Показатель	Сумма, тыс тенге
ФОТ	2592,0
Отчисления на социальные нужды (O_c)	256,608
Амортизационные отчисления (A_0)	2609,890
Затраты на электроэнергию ($З$)	60,964
Накладные расходы (H)	2483,758
ИТОГО	8003,220

6.3.3 Расчет доходов

Основным финансовым показателем в экономике связи являются доходы. Доходы от реализации услуг по установленным тарифам называется доходами от реализации услуг или доходами от основной деятельности.

Доходы находятся в прямой зависимости от количества реализованных услуг и действующих тарифов.

Сумма дохода от основной деятельности:

$$D_{\text{осн}} = Q * C_k * k \quad (6.12)$$

где Q - число сдаваемых в аренду каналов

C_k - цена одного канала в час 42.тг/час

k - количество часов (в году 8760 часов, так как в сутки задействовано в среднем 60% каналов, то количество часов примем равным 5250)

$$D_{\text{осн}} = 120 * 42 * 5250 = 26450 \text{ тыс. тенге}$$

6.3.4 Оценки эффективности от реализации проекта без учета дисконтирования

Для расчета срока окупаемости нужно определить чистый доход и доход предприятия после налогообложения.

Прибыль от реализации услуг определяется по формуле:

$$\text{ЧП} = \Pi - \text{КПН} \quad (6.13)$$

где Π - прибыль от реализации услуг, КПН – корпоративный подоходный налог с юридических лиц. Сумма налога в бюджет составляет 20% от чистого дохода предприятия. Чистый доход предприятия после налогообложения рассчитывается по формуле:

$$\text{КПН} = 0,2 \cdot \Pi \quad (6.14)$$

Прибыль от реализации услуг рассчитывается по формуле:

$$\Pi = D - \sum \Xi \quad (6.15)$$

$$\Pi = 26450 - 8003,220 = 18456,78 \text{ тыс.тг}$$

где D - реальный доход от внедрения услуг в год, $\sum \Xi$ – эксплуатационные расходы

КПН в соответствии с формулой (6.14) составил

$$K = 18456,78 * 0,2 = 3691,36 \text{ тыс.тг.}$$

Прибыль от реализации услуг в соответствии с формулой (6.16) составила

Тогда чистая прибыль после налогообложения в соответствии с формулой (6.13) составит:

$$\text{ЧП} = 18456 - 3691,36 = 14765,42 \text{ тыс.тг.}$$

Коэффициент общей – (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений рассчитывается по следующей формуле:

$$E_a = (D - \Xi) / K = \Pi / K, \quad (6.17)$$

где D – доходы от основной деятельности;

Ξ – эксплуатационные расходы;

Π – чистый доход.

$$E = 14765,42 / 17399,25 = 0,85.$$

Срок окупаемости капитальных вложений – срок возвратности средств, может быть показателем, обратным коэффициенту общей (абсолютной) эффективности.

$$T = 1/E, \quad (6.18)$$

где E – абсолютная экономическая эффективность;

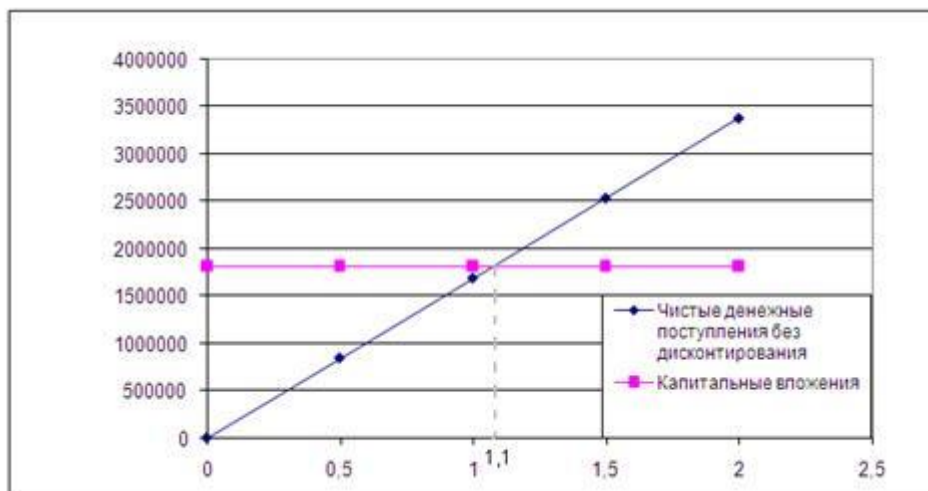
T- срок окупаемости капитальных вложений.

$$T = 1/0,85 = 1,2 \text{ года.}$$

При нормативном значении $E_n = 0,5$, при нормативном значении срока окупаемости $T_n = 5$ лет

Таким образом, коэффициент экономической эффективности от реализации проекта составил 0,85 при нормативном значении 0.2, а срок окупаемости проекта составил 1,2 года при нормативном значении 5 лет, то есть делается неравенства $T_p < T_n$ и $E_p > E_n$, что свидетельствует о целесообразности внедрения проекта.

По графику на Риснке 5.1 графически определяется срок окупаемости средств, вложенных в проект. Без дисконтирования срок окупаемости равен 1,2года.



Рисунокунок 6.1 - График определения срока окупаемости проекта без учета дисконтирования

6.3.5 Оценки эффективности от реализации проекта с учетом дисконтирования

Для приведения разновременных затрат к единому моменту времени нужно произвести оценку эффективности проекта на основе показателей чистого приведенного дохода и срока окупаемости с учетом дисконтирования.

Приведенный чистый доход рассчитывается по формуле:

$$ПЧД = K_{np} \cdot ЧД \quad (6.19)$$

Где ЧД– чистый доход от внедрения проекта.

K_{np} – коэффициент дисконтирования, который рассчитывается по формуле:

$$K_{np} = 1 / (1 + t) \cdot t \quad (6.18)$$

где Т- год после внедрения проекта;

г – ставка дисконта составляет 0,20

Результаты расчета показателей дохода с дисконтированием представлены в таблице 6.6

Таблица 6.6 - Показатели экономической эффективности проекта учётом дисконтирования

Показатели	Проектный период				
	1г.	2г.	3г.	4г.	5г.
Чистый доход, тыс.тг	14765, 2	14765,42	14765,42	14765,42	14765,42

Капитальные затраты тыс.тг	17399,25				
Норма дисконта 20%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Коэффициент дисконтирования	1	0,833333	0,694444	0,5787037	0,482253
Чистая текущая стоимость (PV)	14765,42	12304,52	10253,76	8544,80	7120,67
Чистый дисконтированный доход (NPV), тыс.тг.	35589,92				
Индекс доходности PI	3,05				
Чистая текущая стоимость с нарастающим итогом	-2633,83	9670,69	19924,45	28469,25	35589,92

Анализ показателей эффективности проекта с учетом дисконтирования (таблица 5.6) показывает, что чистый дисконтированный доход проекта (NPV), за 5 лет гораздо больше нуля и составил 35589,92 тыс.тенге. Индекс доходности или рентабельности инвестиций (PI) больше единицы и составил 3,05. Срок окупаемости проекта с учетом фактора времени составит 1,5 года.



Рисунок 6.2 - График определения срока окупаемости проекта с учетом дисконтирования

Таблица 6.7 – Основные показатели экономической эффективности проекта модернизации волоконно-оптической линии связи между городами Кустанай-Челябинск с использованием DWDM

Наименование показателей	Значимость
Капитальные затраты, тыс.тг.	17399,25
Эксплуатационные расходы, тыс.тг.	8003,2
Чистый доход, тыс. тг.	14765,25

Коэффициент экономической эффективности(E)	0,85
Срок окупаемости без дисконтирования, лет	1,2
Чистый дисконтированный доход (NPV), тыс. тг.	35589,2
Индекс доходности (Рентабельности) (PI)	3,05
Срок окупаемости с учетом дисконтирования, лет	1,5

Выводы по разделу

В этой части выпускной работы был представлен бизнес-план, в котором рассматривается вопрос о модернизации волоконно-оптической линии связи между городами Костанай Челябинской с использованием DWDM. В финансовой части бизнес-план был рассчитан объем инвестиций в основной капитал, который составил ТгС. Тенге, эксплуатационные затраты на проект составили 8003,3 тыс. тенге. Чистая прибыль компании составила 14765, 2 тыс. тенге.

Расчетный срок окупаемости проекта недисконтированных было 1,2 года с нормативным значением 5 лет, коэффициент экономической эффективности 0.85 с нормативным значением 0.2, то есть неравенство $T_r < T_n$ и $EP > Y_{ong}$.

Анализ показателей эффективности проекта дисконтированных также подтверждает, что проект экономически эффективен, как чистая текущая стоимость проекта (NPV) за 5 лет, гораздо больше, чем ноль и составил 35589,92 тыс. тенге. Индекс урожайности или рентабельности инвестиций (PI) больше, чем одна, и составил 3,05. Срок окупаемости проекта с учетом фактора времени в 1,5 лет.

7. Безопасность жизнедеятельности

В современных условиях повышенного спроса на продукцию в связи Казахстана, дальнего и ближнего зарубежья. Лучшие цифровые шоссе с оборудования SDH на данном этапе развития телекоммуникаций, линия не справится с возрастающим объемом перевозок. Решение этой проблемы может быть использование новых технологий передачи информации и использования современных тип оборудования DWDM, что соответствует международным стандартам, что предполагает ряд преимуществ. благодаря таким качествам, как:

- отличная проходимость;

- долго реле штук;
- низкое затухание;
- большая помехоустойчивость;
- низкая стоимость 1 канал-километров.

Это оборудование обеспечит высокое качество передачи информации с высокой скоростью.

Таким образом, цель выпускной работы можно использовать в области "Костанай-Челябинск" новое оборудование DWDM.

Цель-получить максимально возможную прибыль. Для повышения потенциала национальных сетей Республики Казахстан в связи с введением новых цифровых технологий.

7.1 Анализ условия труда сотрудников ЛАЦ

Линейно-аппаратный цех оснащен разнообразным оборудованием, обеспечение технической реализации сети. Персонал дает вам контроль и непосредственное руководство сети.

В процессе работы оператор эффекта последующие опасные и вредные производственные факторы: повышенный уровень электромагнитного, рентгеновского, ультрафиолетового, инфракрасного излучения, низкой освещенности.

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Плохое освещение затрудняет работу, приводит к снижению производительности труда и может стать причиной несчастных случаев и болезней глаз.

Улучшение условий освещения имеет общую благоприятную психофизического воздействия на здоровье и жизнедеятельность человека. Гигиенические допустимы яркости и 5000 РТ. Поэтому искусственное освещение для работы в темное время суток и в местах без достаточного освещения [11].

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Неудовлетворительное освещение затрудняет проведение работ, ведет к понижению производительности труда и может явиться причиной несчастных случаев и заболеваний глаз. Улучшение световых условий оказывает благоприятное общее психофизическое воздействие на работоспособность и активность человека. Гигиеническими приемлемыми являются яркость до 5000 пт. Поэтому применяют искусственное освещение для проведения работ в темное время суток и в местах без достаточного освещения [11]

Рассчитаем общее освещение линейно-аппаратного цеха (ЛАЦ). Для ЛАЦ характерным может быть чистота помещения.

Длина линейно-аппаратного цеха - $A=14$ м, ширина - $B=10$ м, высота - $H=5$ м.

Нужно определить:

площадь световых проемов в помещении для обеспечения нормируемой освещенности (площадь остекления);

число окон;

размещение окон с целью равномерности естественного освещения.

1 Необходимая площадь окон, для создания нормируемой естественной освещенности в зале, определяется по формуле (4.12):

$$S_0 = \frac{S_n}{100} \frac{l_{\min}}{r_0} \frac{\eta_0}{r_1} k; \quad (7.12)$$

где S_n - площадь пола в производственном помещении, m^2

$S_n = S_{пт}$ (площадь потолка) $= A \times B = 14 \times 10 = 140 m^2$.

Где - L_{\min} - минимальный коэффициент естественной освещенности;

$L_{\min} = 3$ - работа высокой точности (разряд работ - 3);

η_0 - коэффициент световой характеристики окна;

r_0 - Коэффициент, светопропускания в помещении категории Б.

Положение остекления - вертикальное, при деревянных и железобетонных одинарных переплетах. Освещение естественное, боковое, одностороннее.

$r_0 = 0,5$

r_1 - коэффициент, учитывающий влияние отраженного света при боковом естественном освещении.

Но для данного определим параметры окна H_1 :

а) параметр окна - H_1 , м

H_1 - возвышение верхнего края окна над горизонтальной рабочей поверхностью, м;

$$h_1 = h_0 + h - h_{\text{раб.}}$$

$H_0 = 3$ м - высота окна, $H' = 1,0$ м - расстояние от пола до подоконника, $H_{\text{раб}} = 1,5$ м - высота рабочей поверхности над уровнем пола.

$$H_1 = 3 + 1,0 - 1,5 = 2,5 \text{ м}$$

Находим Значимость η_0

$$\eta_0 = 20$$

Поэтому r_1 зависит от средневзвешенного коэффициента отражения света от ограждающих поверхностей помещения $\rho_{\text{ср}}$. Этот коэффициент находится из соотношения (7.13):

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_n S_n + \rho_{\text{ст}} S_{\text{ст}} + \rho_{\text{пт}} S_{\text{пт}}}{S_n + S_{\text{ст}} + S_{\text{пт}}}; \quad (7.13)$$

S_n , $S_{\text{ст}}$, $S_{\text{пт}}$ - были найдены выше, а ρ_n , $\rho_{\text{ст}}$, $\rho_{\text{пт}}$ - соответственно коэффициенты отражения от пола, стены и потолка

$$\rho_n = 0,3, \rho_{\text{ст}} = 0,3, \rho_{\text{пт}} = 0,7$$

$$\rho_{\text{ср}} = (0,3 \cdot 140 + 0,3 \cdot 240 + 0,7 \cdot 140) / (2 \cdot 140 + 240) \approx 0,4;$$

$$r_1 = 4.$$

Площадь окон, необходимая для создания нормируемой естественной освещенности в зале равна:

$$S_0 = (140 \cdot 3 \cdot 20 \cdot 1,7) / (100 \cdot 4) = 36 \text{ м}^2$$

Зная площадь одного окна $S = H_0 \cdot B_0 = 3,0 \cdot 2,0 = 6,0 \text{ м}^2$, находим количество окон, нужное для соблюдения нормируемой естественной освещенности в машинном зале: $n = S_0 / S = 36 / 6 = 6$ окон;

где $B_0 = 2,0 \text{ м}$ - ширина окна, $n=6$ количество окон

В боковой стене, по длине помещения, размещения n окон, с межоконным промежутком B ;

$$b = \frac{A - n \cdot b_0}{n + 1};$$

$$B = \frac{(14 - 6 \cdot 2)}{(6 + 1)} = 0,285 \text{ м.}$$

7.1.5 Расчет искусственного освещения

Расчет производится в основном с помощью двух методов: метода использования и метод точка. Способ применения предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей в отсутствие крупных тени предметов.

В одной точке, метод рассчитывается общее локализованное освещение, общее равномерное освещение в присутствии значительного оттенков и местного освещения [14].

Способ применения

Источник данных. Зал имеет: длину $A = 14 \text{ м}$, ширину $B = 10 \text{ м}$, высоту $H = 5 \text{ м}$. Потолок свежепобеленный, светлые стены с не завешанными окнами. Разряд зрительной работы – V. Нормируемая освещенность по таблице 1.2. равна 300 лк. Принимаем систему общего освещения люминесцентные лампы ЛБ мощностью 40 Вт, световой поток $\Phi_{\text{л}} = 3120 \text{ лм}$. Коэффициенты отражения потолка, стен, пола

$$\rho_{\text{по}} = 70 \% \quad \rho_{\text{стен}} = 50 \% \quad \rho_{\text{пола}} = 30 \%$$

Расчетная высота подвеса – рабочая поверхность находится на высоте 1 м от пола, высота свеса ламп 0.3 м, следовательно,

$$H = 5 - (1 + 0.3) = 3.7 \text{ м.}$$

Наивыгоднейшее расстояние между светильниками определяется как:

$$Z = \lambda \cdot H, \text{ м}$$

где λ - коэффициент наивыгоднейшего расстояния между светильниками, $\lambda=0.6$ м.

$$Z = 0.6 \cdot 3.7 = 3 \text{ м}$$

Принимаем 6 рядов светильников с расстоянием от стен по 2 м, между рядами по 2.5 м.

Определяем индекс помещения по формуле(4.14):

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}; \quad (7.14)$$

Коэффициент использования равно

$$\eta = 73 \%$$

$$i = \frac{14 \times 10}{3,7 \times (14 + 10)} = 1,57.$$

Коэффициент запаса

$$K_3 = 1,2$$

Подставляя в формулу эти значения, определяем количество люминесцентных ламп по формуле (4.15):

$$N = \frac{E + K_3 + S \cdot Z}{N + \Phi_{\text{п}} \cdot \eta}; \quad (7.15)$$

где E – заданная минимальная освещенность;

k_3 –коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь;

Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1,1-1,2$;

n – число светильников (намеченное до расчета).

$$N = \frac{300 + 1,2 + 140 \times 1,2}{3120 \times 0,73} = 12 \text{ лампы}$$

Размещаем в четыре ряда по три лампы с расстоянием между ними 0.8 м (учитывая, что длина лампы 12136 мм – таблица 2.2. (Рисунок 6.3).

Всего для создания нормируемой освещенности 300 лк нужно 12 ламп ЛБ мощностью 40 Вт.

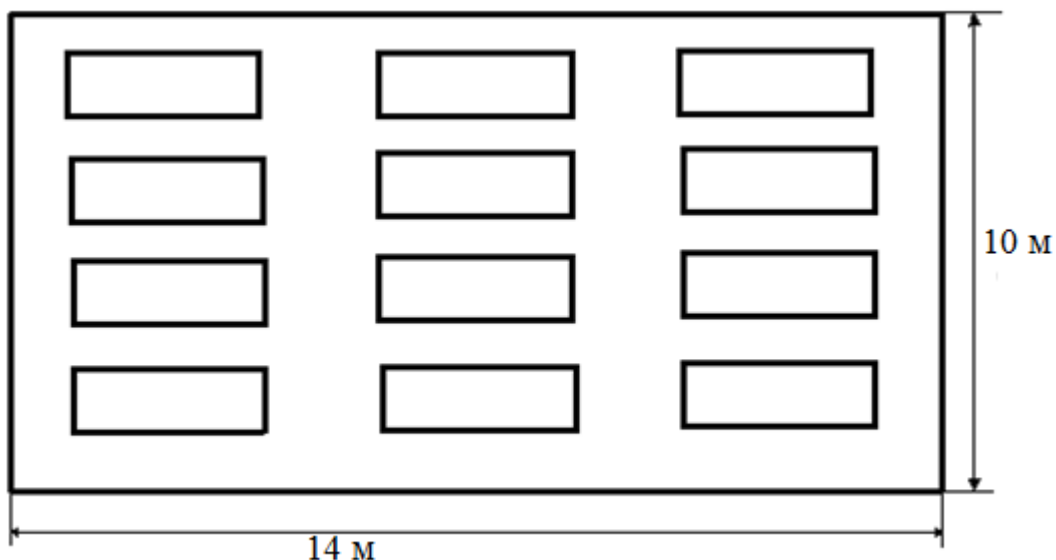


Рисунок 7.3 – Размещение лампы в зал

Вывод: Для обеспечения допустимой нормы освещенности нужно 300 лк, по расчетам мы определили мощность лампочек равную 40 Вт.

7.2 Меры безопасности при укладке кабеля

При строительстве ВОЛС проводить работу по прокладке кабеля, а с применением средств механизации и руководство. В рабочие чертежи для укладки кабеля на планы расположения трассы кабеля должен быть указан опасных рабочих местах пересечения газопроводов, нефтепроводов и других трубопроводов, кабелей питания и магистральных кабелей связи, сделали предупредительные надписи о безопасности ведения...Разматывая кабель, с помощью подвижных поясов (кабельные тележки должны быть отправлены условия ближе к траншее. Кабель может расслабиться напряженность, для того чтобы она возьми и укладывать в траншеи.

Внутренний конец кабель укладывается на щеке барабана, может быть Исправлена. Пояс может быть оснащен устройством для тормозной момент барабана.

Прокладка кабелей-кабель-прокладка машины допускается в районах, не имеющих подземные сооружения. Перед началом работы необходимо изучить основные элементы камилавке Ассамблеи и обеспечения их здоровья. При обнаружении неисправности в работе на тракторе или кабель обработки судна запрещено.

При работе с машинами и механизмами (камилавке техника), руководство вибрирующий инструмент вредными факторами являются шум и вибрация. Поэтому, вы должны использовать средства индивидуальной защиты: перчатки, очки, вибромассаж рукавицы, противошумовые наушники. Наиболее опасным

фактором в строительство ВОЛС может быть лазерного излучения, самым вредным - работа с vibroinsulation.

С целью улучшения условий труда на строительных объектах, применяются монтаж измерительной техники, которые позволяют установщикам и меры для выполнения сложной и кропотливой работы, которая дается достаточное освещение, вентиляция, достаточное рабочее пространство. При выполнении монтажных работ должны знать и соблюдать меры безопасности при работе с оптическим кабелем, который определяется ее геометрических и механических параметров. Опасный фактор сплайсинга-оптический кабель, оптоволоконный кабель, соединены сварочной дуги с температурой OS. Сварочный аппарат для сварки должны быть заземлены, все подключения и отключения устройства выполнены при снятии питания, сварка осуществляется под закрытой крышкой. Они будут лиц квалификационную группу не ниже III и не имеющие медицинских противопоказаний. При установке оптического волокна, вы должны помнить, что дуговой разряд, возникающий между электродами сварочный аппарат, может стать причиной воспламенения легковоспламеняющихся газов в устройство просмотра телефонных систем. Вы также нуждаетесь в механизированная прокладка ОК в кабельной канализации, чтобы обеспечить надежный сервис отношения каждого ну, вспомогательный персонал; в случае оптических тестеров для предотвращения излучения в глаза.

7.3 Меры первой помощи при поражении лазерным излучением

Практически во всех телекоммуникационных системах для передатчика сигналов применяется инфракрасное излучение (ИК). Это значит, что его невозможно обнаружить визуально. Ни в коем случае нельзя "заглядывать" в волокно. Специальные конверторы или визуализаторы могут преобразовать свет из инфракрасного в видимый диапазон, но даже тогда его будет трудно обнаружить при ярком освещении. Для определения активности оптоволокна лучше всего использовать датчик инфракрасного излучения.

При подключении волокна могут свести риск к минимуму, если вы держите конец волокна от вас. На самом деле в процессе соединения не нужно смотреть на конце волокна, как это обычно располагается под крышкой сварочный аппарат или внутри механического соединителя. Конец волокна может находиться на расстоянии вытянутой руки, что также очень важно. Если он сломан, световой выход разбросаны поврежден прикладом и не представляют никакой опасности. Если конец волокна отрубили, свет, контраст, остается коллимированного.

Влияние лазерного излучения на человека может привести к повреждению кожи и глаз. Первая помощь в случае повреждения роговицы является наложение стерильной повязки на жертвы глаза и направление пострадавшего в глазной больнице.

При работе с лазерным излучением риска также открытые участки тела - кожи, существует возможность противопожарной службы во время его контакта с пучком лазерного излучения.

Первая помощь при ожогах I и II степени, небольшой уголок сводится к наложению стерильной повязки и после направления хирурга.

7.1.3 Предельно-допустимые уровни излучения проводникового лазера

Произведем расчет предельно-допустимых уровней излучения полу - проводникового лазера.

Исходные данные:

- длина волны излучения – 1550 нм;
- расстояние R от точки наблюдения до освещаемой поверхности – 0,6 м;
- угол θ между нормалью к поверхности и направлением наблюдения – 45°;
- фоновая освещенность Φ_p роговицы – 100 лк;
- диаметр d источника излучения – $0,02 \cdot 10^{-2}$ м.

Чтобы найти плотность энергии лазерного излучения, нужно рассчитать угловой размер источника излучения по формуле (7.1):

$$d = \frac{d \cdot \cos \theta}{R}; \quad (7.1)$$

$$d = \frac{0,02 \cdot 10^{-2} \cdot \cos 45^\circ}{0,6} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Энергетическая экспозиция H_n для первичных биологических эффектов находится по формуле (7.2):

$$H_n = H_1 \cdot K_1; \quad (7.2)$$

где H_1 – энергетическая экспозиция на уровне глаза в зависимости от углового размера источника излучения при максимальном значении диаметра зрачка глаза ($H_1 = 51 \text{ Дж/м}^2$).

K_1 - поправочный коэффициент на длину волны излучения и диаметр зрачка ($K_1=2,1$).

$$H_n = 51 \times 2,1 = 107 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}.$$

Энергетическая экспозиция H_v для вторичных биологических эффектов определяется по формуле (7.3):

$$H_v = 0,1 \times H_2 \times \phi_p; \quad (7.3)$$

где H_2 – энергетическая экспозиция на роговице глаза в зависимости от длины волны излучения и диаметра зрачка ($H_2 = 680 \text{ Дж/м}^2$).

$$H_v = 0,1 \cdot 680 \cdot 100 = 6800 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}.$$

Для определения класса опасности для полупроводникового лазера, нужно рассчитать величину энергии излучения E_c с учетом поправочного коэффициента по формуле(4.4):

$$E_c = P \times K; \quad (6.4)$$

P - максимальная выходная мощность излучения лазера

$$(P = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}).$$

K – коэффициент учитывающий диаметр пучка ($K = 0,25$)

$$E_c = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}.$$

Сделает классификация лазера.

Этот лазер для первичного биологического действия относится к II классу опасности, на вторичном биологические эффекты III класса, с помощью нашли максимально допустимые уровни излучения для различных видов лазерного излучения (прямые или косвенные), определить допустимое расстояние, на котором работает оператор. Таким образом, специальная одежда оператора состоит из белого комбинезона. Необходимые исходные данные:

- мощность излучения $P = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$,
- телесный угол излучения $\varphi = 2^\circ$,
- длительность смены $T_{см} = 3600 \text{ с}$,
- коэффициент отражения $\rho = 0,5$,
- коэффициент пропускания белой плотной материи $\tau = 0,1$ при количестве слоев $M = 1$.

Допустимое расстояние, на котором находится оператор найдем по формуле (4.5):

$$r = \frac{P \cdot \rho \cdot t_{см}}{\sqrt{E_{обл}}}; \quad (6.5)$$

где $E_{обл}$ – максимальная энергия облучения.

$$E_{обл} = \frac{E_{пду}}{\tau_m}; \quad (6.6)$$

где,

$$E_{пду} = H_n \quad (H_b) \quad (6.7)$$

$$E_{обл} = \frac{H_n}{\tau_m}; \quad (6.8)$$

$$E_{обл} = \frac{107}{0,1} = 1070 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}.$$

$$r_1 = \frac{P}{E_{\text{обл}}} \frac{\rho}{\tau_M}; \quad (6.9)$$

$$r_1 = \frac{4 \cdot 10^3}{1070} \frac{0,5}{3600} = 0,058.$$

$$E_{\text{облв}} = \frac{H_B}{\tau_M}; \quad (6.10)$$

$$E_{\text{облв}} = \frac{6800}{0,1} = 68000 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}.$$

$$r_2 = \frac{4 \cdot 10^3}{68000} \frac{0,5}{3600} = 0,007. \quad (6.11)$$

Лазеры такого типа используются в качестве среды распространения излучения волоконно-оптический кабель, который плотно вошла с активной среде лазера. Поэтому поражение прямой радиации возможно только в том случае, когда оператор прямого лазерного непосредственно или на кожу или в глаза.

Голые волокна. Обломки голого волокна, т.е.. волоконная оптика, с которого снимается защитная (secondary) оболочки, оставив открытой стеклянной поверхности могут быть очень опасны, если относиться к ним правильно. Сотни таких обломков, образовавшихся во время совместных-оптических кабелей.

Каждый осколок нужно время, чтобы увидеть и от него избавиться. Вы никогда не должны покидать S голыми конца. Он должен быть удален, отрезав S в области защитной оболочки. Ни в коем случае нельзя укорачивать защищенный конец колонного S, отрезав от него небольшую часть. Вам нужно вырезать S в поле, содержащем защитное покрытие, дальнейшее разоблачение заговора нужной длины. Невооруженным глазом конце голого волокна кажется безопасным, но под микроскопом они выглядят как гарпун (см. рис. 7.1).

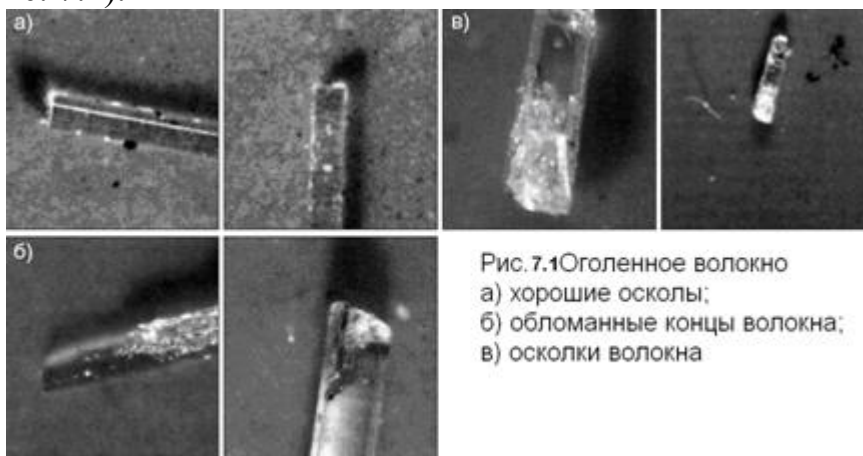


Рисунок 7.1- Дефекты оптоволокна

Оголенные концы можете легко получить под кожу и разорвать, вызывая небольшие отверстия. Фрагменты клетчатки может вызвать кожные инфекции, серьезного повреждения глаз или внутреннего повреждения при попадании в легкие и пищеварительный тракт. Хотя даже при аккуратном обращении с фрагменты волоконно-они могут быть потеряны, необходимо уменьшить вероятность этого к нулю.

Утилизации мусора. В этой сфере, а также в лабораториях, нужно избавиться от фрагменты волоконно. На Sachsse день для этого существуют два метода: использование специальных контейнеров и клейкой ленты. Специальные контейнеры, так называемые волокна "коробки", можно приобрести в магазинах: они должны иметь правильную маркировку и защита от падающих обломков. С некоторыми из scalinatella волоконно-уже часть контейнера для сбора осколков. Вы также можете создавать свои собственные, а не "коробок" и подписать с ними соответственно.

Вывод по разделу БЖД

При правильном соблюдении безопасности труда, используя орпiорогон и его технического обслуживания, Вы можете обеспечить безопасность работников. Для обеспечения стандартного освещения 300 ЛК, были отобраны для оптимального Лампа 40 Вт.

Для работы с лазерных изделий допускаются лица в возрасте до 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедших специальное обучение в установленном порядке по работе с конкретными лазерной продукции и сертификации группы по охране труда при работе на электроустановках с соответствующим напряжением. Поражение прямой радиации возможно только в том случае, когда оператор прямого лазерного непосредственно или на кожу или в глаза. Разработанный проект не представляет опасности для окружающей среды и не представляет каких-либо вредных последствий это не имеет.

Заключение

В данном дипломном проекте был произведен расчет внедрения технологии спектрального уплотнения на участке Костанай. Челябинск. В процессе проектирования были приняты последующие шаги и решения:

- 1) Выбрана трасса укладки кабеля вдоль железной дороги с подвесом на опорах контактной сетей.
- 2) Произведен расчет пропускной способности системы, которая составляет 70 Гбит/с;
- 3) Выбран кабель ДПТ – 024 Н 06 – 04 и его поставщик ЗАО «Севкабель-Оптик»;
- 4) Выбрана система передатчика производства Huawei Technologies, OptiX BWS 1600G
- 5) В ходе расчетов, для увеличения дальности передатчика, было принято решение разместить на участке промежуточные усилительные пункты на Бельагаш, а в конечных пунктах бустеры и предусилители;
- 6) Для компенсации уширения импульсов установить на линии модули компенсации дисперсии DCM-10 и DCM-20;
- 7) Рассчитана стрела провеса кабеля и подтверждено соответствие технических характеристик кабеля требуемым параметрам;
- 8) Рассчитаны параметры надежности системы, в частности коэффициент готовности системы, который оказался довольно высоким $K_T=0,9999999995$;
- 9) Рассчитана экономическая эффективность инвестиций, из чего видно что проект может быть рентабельным и окупится за 1,5 лет.

Список литературы

1. Убайдулаев Р.Р. Волоконно-оптические сетей. – М.: Эко-Трендз. 1998.- 300 с.
2. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетех связи. – М.: Радио и связь, 2000. -468 с.
3. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. /Перевод с английского под редакцией Слепова Н.Н. – М.: Техносфера. 2003.
4. Крухмалев В.В., Адамович Л.В., Лепнина Е.Н. Основы проектирования цифровых систем передатчика: Учебное пособие к выполнению курсовых и дипломных работ. – Самара ПГАТИ, 1999 – 110 с.
5. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передатчика, измерения. – М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999.
6. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические оптоволокна для линий связи. – Вэлком, 2002.
7. Савин Е.З. Волоконно-оптическая линия связи на участке железной дороги. Методические указания к курсовому проектированию. Хабаровск, МПС РФ Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2001. – 52 с.
8. Сачков Н.Г., Русакова Е. А., Паршин А. В. Основы эксплуатационного обслуживания информационных систем железнодорожного транспорта./ под редакцией Н.Г. Сачкова: Учебное пособие для ВУЗов ж.-д. транспорта – М.: Маршрут, 2005.-416 с.
9. Копылов Е.А., Москалёв А.Н., Шилков В.И. Организационно-экономическое обоснование дипломных проектов: Методические указания к выполнению обоснования инвестиций в дипломном проекте. / авт.-сост. Копылов Е.А., Москалёв А.Н., Шилков В.И.. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. 127 с.
10. Научно-технический журнал № 4/2004 , “LigNTwave russian ediTion”
11. Лапина Н.Ф. Интегральные и оптические сетей. Учебное пособие и методические указания к дипломному и курсовому проектированию.- Екатеринбург: УрТИСИ ГОУ ВПО «СибГУТИ», 2005.-68.
12. Техническая документация магистральная оптическая система передатчика DWDM OpTiX BWS 1600G
13. Методические указания по определению критерия уровня готовности к информационному обществу. Екатеринбург, 2004.
14. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
15. СанПиН 2.2.4.548-96/03. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
16. СНиП 2.04.05-91. Микроклимат производственных и жилых помещений.
17. СНиП 23.95-95. Естественное и искусственное освещение.

18. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96/03. Требования к уровню звукового давления.
19. ГОСТ 12.1.030-81/03. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
20. СанПиН 2.2.2.542-96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, ПЭВМ и организация работы.
21. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
22. Правила пожарной безопасности.
23. СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы
24. Трудовой Кодекс РФ.
25. НП 105-03 «Определение категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
26. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
27. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».
28. ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность. Общие требования».
29. СН 2.24/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных».
30. ОСТ 45.86-96. Линейно-аппаратные цехи оконечных междугородных станций, сетевых узлов, усилительных и ретрансляционных пунктов. Требования к проектированию
- 31 [НТТр://ru.wikipedia](http://ru.wikipedia)
- 32 [НТТр://BiBlion.ru/view.aspX?id=598865](http://BiBlion.ru/view.aspX?id=598865)