

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ
И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

**НУКУССКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ФАКУЛЬТЕТ «ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

КАФЕДРА «ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЙ ИНЖИНИРИНГ»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему

**«ОРГАНИЗАЦИЯ РЕЗЕРВНОГО ПУТИ
ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ КУНГРАД-ЖАСЛЫК»**

Выполнил:
выпускник 4-курса по направлению
«Телекоммуникация» студент
_____ Сапаев С.С.

Научный руководитель:
_____ Доспанов А.С.

Выпускная квалификационная работа прошла
предварительную защиту на кафедре
Протокол № _____ от «__» _____ 2014 г.

НУКУС - 2014 г.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ
И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

НУКУСКИЙ ФИЛИАЛ

Факультет: Информационных Технологий
Кафедра: Телекоммуникационный инжиниринг
Направление: Телекоммуникация

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

_____ Тлеуов К.

« » _____ 2014 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента: Сапаев С.С.
(фамилия, имя, отчество)

на тему **«Организация резервного пути для оптической линии связи**

Кунград-Жаслык »

1. Тема утверждена приказом по филиалу от « 04 » 03. 2014г. № 122
2. Срок сдачи законченной работы: 1 июня 2014 г.
3. Исходные данные к работе: Материалы полученные из лекции, Интернета, технической литературы и документации.
4. Содержание расчётно-пояснительной записки (перечень подлежащих к разработке вопросов):
Введение . 1. Обзор построения сетей связи. 2. Выбор организации резервного пути для существующей магистральной. 3. Выбор оптического кабеля и системы передачи. 4. Расчет технических характеристик проектируемой ВОЛС. 5. Расчет надежности. 6. Расчет экономических показателей. 7. Техника безопасности и охрана труда. Заключение.

5. Перечень графического материала: Слайды

6. Дата выдачи задания: 2.04.2014

7. Консультанты по отдельным разделам выпускной работы

Наименование раздела	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание получил
1,2, 3, 4, 5, 6		2.04.2014	2. 04. 2014

8. График выполнения работы

№	Наименование раздела	Срок выполнения	Подпись руководителя (консультанта)
1.	Обзор построения сетей связи	2.04.14 г.	
2.	Выбор организации резервного пути для существующей магистрали	12.04.14 г.	
3.	Выбор оптического кабеля и системы передачи.	22.0414 г	
4	Расчет технических характеристик проектируемой ВОЛС	30.04.14 г.	
5	Расчет надежности	07.05.14 г.	
6	Расчет экономических показателей	17.05.14 г.	
7	Техника безопасности и охрана труда	24.05.14 г.	

Выпускник: _____ «___» _____ 2014 г.
подпись

Руководитель: _____ «___» _____ 2014 г.
подпись

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения развития телекоммуникации в республике, увеличения количества и качества услуг населению, 1 августа 1995 года Кабинетом Министров Республики Узбекистан была принята «Национальная программа реконструкции и развития телекоммуникационной сети Республики Узбекистан на период до 2010 года», где телекоммуникационные сети, включающие в себя национальную телефонную сеть (местную, междугороднюю и международную), определены важнейшим элементом инфраструктуры и наиболее эффективной средой распространения информации, стимулирующей развитие производства и сферы услуг [1].

В период с 1995 по 2014 год различные телеинформационные системы, основанные на совместном использовании средств телекоммуникации и вычислительной техники, глубоко вошли в разные сферы деятельности (государственное управление, политику, оборону, экономику, финансы, медицину и др.) и стали для них жизненно необходимыми. Растет количество абонентов сети Internet, быстрыми темпами идет развитие мобильной радиосвязи, успешно развивается электронный бизнес и внедряются новые услуги, которые требуют широкой полосы пропускания и увеличения высокой скорости передачи. Из года в год увеличивается объем информации, передаваемый через телекоммуникационную инфраструктуру.

Поэтому увеличились объемы требования по надежности и качеству передачи, чем, например, к традиционной телефонии.

Проектирование и внедрение новых служб и средств телекоммуникации обусловило проведение комплекса мероприятий, связанных с обеспечением надежности (прогнозирование надежности, обеспечение надежности компонентов, надежность оптимизация, оценка и подтверждение надежности).

Внедрение современных технических средств, таких как волоконно-

оптические линии телекоммуникации, системы синхронной цифровой иерархии (SDH), цифровые коммутационные станции большой емкости, системы общеканальной сигнализации (ОКС) №7 и т. п. приводит к многократному возрастанию потерь даже от одного отказа. Действительно, на основе одной системы SDH уровня STM-16 можно организовать до 30240 основных цифровых каналов; один сигнальный канал ОКС № 7 может обслуживать порядка 2000 разговорных каналов и т. п.

Таким образом, технические новшества, в принципе направленные на создание более совершенных и, следовательно, надежных сетей телекоммуникации, способны в полной мере реализовать свои преимущества только при применении специальных мер по обеспечению отказоустойчивости сетей. Эти меры предусматривают реконфигурацию сети при отказах ее элементов с использованием резервов емкостей линий и новые алгоритмы маршрутизации с обходными путями вокруг отказавших элементов и перегруженных участков.

Поэтому разработка принципов организации самозалечивающихся сетей на основе SDH является актуальным.

Цель работы:

В данной выпускной квалификационной работе необходимо рассмотреть вопрос выбора резервной (обходной) трассы на участке Кунград - Жаслык.

Для этого будут рассмотрены следующие вопросы:

1. Обосновать организацию резервного пути
2. Выбрать тип кабеля
3. Произвести расчет технических характеристик магистрали
4. Рассчитать надежность
5. Рассчитать капитальные затраты.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ

1.1. Понятия надежности и живучести сетей телекоммуникации

Оба понятия связаны с работоспособностью системы и сети телекоммуникации во времени, т. е. выполнением заданных функций в установленном объеме на требуемом уровне качества в течение определенного периода ее эксплуатации или в произвольный момент. Различия этих понятий обусловлены, прежде всего, различиями причин или факторов, нарушающих нормальное функционирование системы, и характером нарушений.

Надежность системы телекоммуникации есть ее свойство обеспечивать связь, сохраняя во времени значения установленных показателей качества в заданных условиях эксплуатации. Она отражает влияние на работоспособность системы главным образом внутрисистемного фактора — случайных отказов техники, вызываемых физико-химическими процессами старения аппаратуры, дефектами технологии ее изготовления или ошибками обслуживающего персонала [5].

Живучесть характеризует устойчивость системы телекоммуникации против действия причин, лежащих вне системы и приводящих к разрушениям или значительным повреждениям некоторой части ее элементов — узлов, пунктов, станций и линий телекоммуникации. Все причины можно разделить на два класса: стихийные и преднамеренные. К стихийным факторам относятся такие, как гроза, землетрясение, разливы рек и т.п., а к преднамеренным — кража, вандализм и т.д.

Таким образом, надежность и живучесть — существенно различные понятия и самостоятельные проблемы, требующая своих решений при разработке и совершенствовании систем и сетей телекоммуникации.

Устойчивость системы и сетей телекоммуникации учитывает все многообразие факторов, включая эксплуатационно-технические отказы, повреждения элементов системы стихийными факторами и преднамеренным воздействием противника, случайные и преднамеренные радиопомехи. Применение этой интегральной категории не предполагает ликвидации понятий надежности, живучести и помехоустойчивости; показатель устойчиво-

сти является функцией показателей системы по этим частным ее свойствам [5].

1.2 Методы построения оптических систем

Системы волоконно – оптических систем (ВОС) по принципу построения линейного тракта делятся на:

- двухволоконные однополосные однокабельные;
- одноволоконные однополосные однокабельные;
- одноволоконные многополосные однокабельные или системы со спектральным разделением.

На рис. 1.1., показана структурная схема ВОС с однонаправленной передачей.

При таком построении передача и прием оптических сигналов осуществляется по двум волокнам, на одной длине волны λ (рис.1.1.) [4].

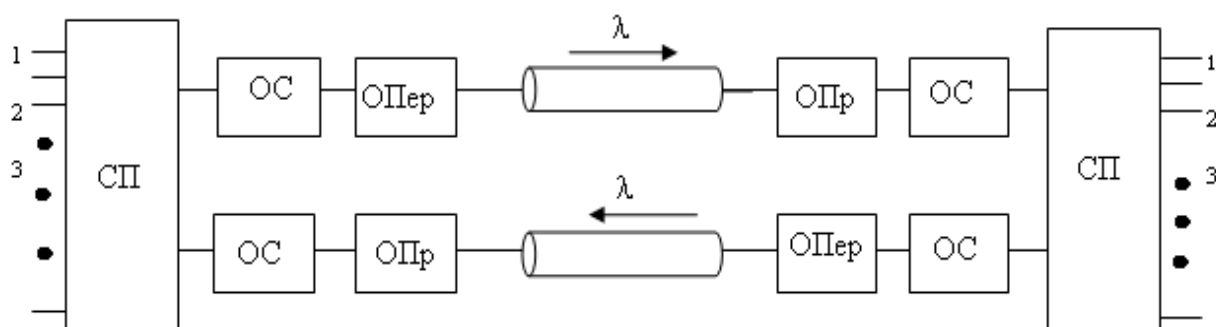


Рис. 1.1. Схема двухволоконной однополосной однокабельной ВОС

Каждое ОВ является эквивалентом двухпроводной физической цепи. Так как взаимные влияния между ОВ кабеля практически отсутствуют, то тракты передачи и приема различных систем организуются по одному кабелю, т. е. ВОС являются однокабельными. Таким образом, данная схема организации оптического линейного тракта (ОЛТ) является двухволоконной од-

нополосной однокабельной.

К достоинствам данной схемы организации связи следует отнести однотипность оборудования передачи и приема конечных и промежуточных станций. Существенным недостатком является очень малый коэффициент использования пропускной способности ОВ. Учитывая, что доля затрат на кабельное оборудование составляет значительную часть стоимости системы связи, а цены на ОК в настоящее время достаточно высокими, возникает задача повышения эффективности использования пропускной способности ОВ за счет одновременной передачи по нему большего объема информации.

Этого можно добиться, например, передачей информации во встречных направлениях по одному ОВ.

Схема построения одноволоконного однополосного однокабельного ОЛТ показана на рис. 1.2. Особенностью данной схемы является использование ОВ для сигналов в двух направлениях на одной длине волны [4].

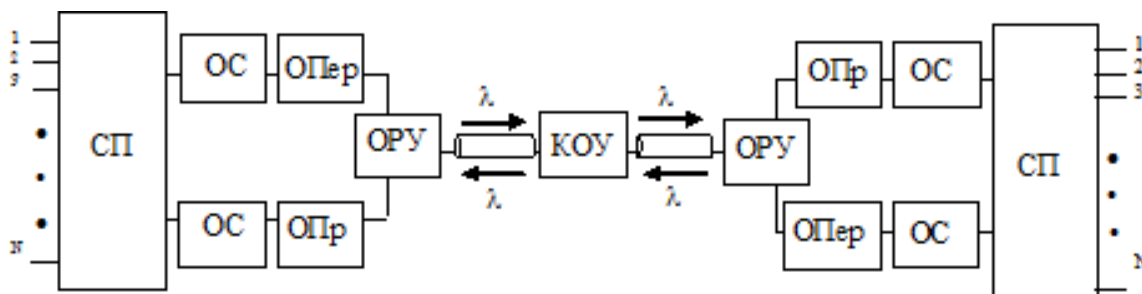


Рис. 1.2. Схема одноволоконной однополосной однокабельной ВОС

При передаче сигналов в двух направлениях возникают переходные помехи между потоками. Переходные помехи возникают за счет обратного рассеяния в ОВ и ответвителях, отражения света от сварных стыков и разъемных соединений на концах линии.

Уровень помехи и ее спектральный состав зависят от скорости передачи, от формы импульсов передаваемого сигнала и параметров линейного

сигнала (затухание волокна, его длины, числовой апертуры, профиля показателя преломления).

1.3 Сравнение построения топологии сетей связи

1.4

Высокий уровень надежности современных сетей оптической связи обеспечивается реализацией комплекса различных мер, среди них одной из ключевых являются средства полного или хотя бы частичного восстановления связи в аварийных ситуациях. Традиционно для этого применялось резервирование — целенаправленное введение в систему определенной избыточности с целью увеличения степени связности отдельных ее узлов, то есть количества независимых путей передачи информации. В современных условиях доступны и другие подходы [8].

Волоконная оптика и оптоэлектроника находят широкое применение при построении всех уровней сетей электросвязи: магистральных линий междугородной и городской связи, сетей доступа и структурированных кабельных систем. Ввиду важности задач, решаемых с их помощью, к надежности предъявляются очень высокие требования. При этом под надежностью понимается способность поддерживать передачу информации с заданной скоростью и с заданной достоверностью в течение требуемого промежутка времени. Рассматриваемые далее варианты повышения надежности сети с привлечением резервирования неизбежно связаны с дополнительными затратами. Поскольку эта процедура может быть выполнена с помощью различных подходов, выбор наиболее эффективного способа, как с технической, так и с экономической точек зрения, приобретает исключительно важное прикладное значение.

Линейное резервирование

Аварийные ситуации в линейной части сети в большинстве случаев возникают из-за механических повреждений (обрывов) оптического волокна, поэтому очевидным решением этой проблемы является увеличение количе-

ства доступных физических трактов передачи, на которые будет осуществляться переключение при возникновении неисправности. Технически это достигается наращиванием числа световодов свыше минимально необходимого значения. Данный прием получил название линейного резервирования.

В простейшем случае резервные волокна выделяются в том же кабеле, что и основные. Общая надежность сети существенно возрастает, если волокна основного и дополнительного трактов находятся в различных кабелях. Кроме того, эти кабели прокладываются по различным маршрутам для минимизации риска одновременного выхода из строя. Такое улучшение технических характеристик сети приводит к увеличению затрат на ее реализацию.

Линейное резервирование может быть организовано по схемам 1+1 и 1:1. При использовании первой схемы информация передается одновременно по основному и резервному трактам. На принимающей стороне выбирается сигнал с наилучшими качественными показателями. Обычно таковым считается тот из них, который имеет более высокий уровень, так как выбор между двумя сигналами с различной мощностью не представляет каких-либо технических проблем.

При обращении к схеме 1:1 (см. рис.1.3) дополнительные цепи не несут полезной информации, но всегда готовы взять на себя ее передачу, то есть находятся в режиме горячего резерва. В качестве основного тракта обычно задействуется кратчайший маршрут или тракт с минимальным затуханием. Переключение на резерв осуществляется по аварийному сигналу, который система управления подает при полной потере связи или превышении predeterminedного предела частоты появления битовых ошибок. Длительность переключения для сетей SDH не должна превышать 50 мс.

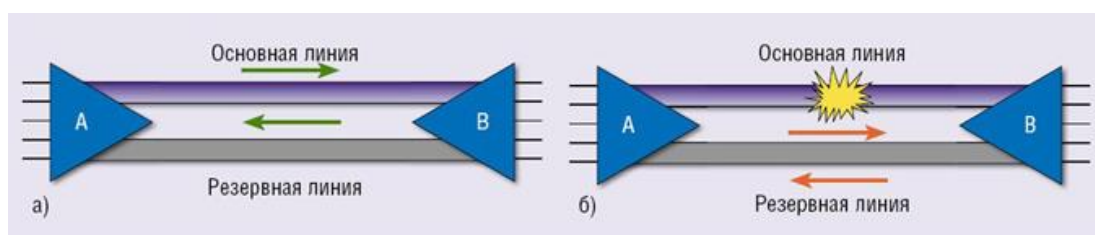


Рис.1.3. Схема работы участка сети с линейным резервированием по схеме 1:1[]:

а) нормальный режим; б) режим использования резерва.

После завершения ремонта поврежденного участка в большинстве случаев восстанавливается первоначальная конфигурация сети.

Кроме применения схемы 1:1 (100-процентное резервирование), допустима организация резервирования по схеме $m:N$, когда на N основных цепей передачи приходится m резервных. В случае $m < N$ резервирование уже не является 100-процентным. В данной ситуации резервируются только те оптические тракты, по которым осуществляется передача сигналов наиболее значимых информационных сервисов.

Кольцевые структуры

При построении волоконно-оптических сетей связи часто используется кольцевая топология, для которой самовосстановление является естественным свойством. В большинстве случаев линейная часть кольцевой структуры в сетях связи общего пользования строится на основе пары волокон (так называемое сдвоенное кольцо). В результате у передающего узла имеется два варианта доступа к приемному: по часовой стрелке и в обратном направлении. Один из маршрутов выполняет функции основного и используется для передачи трафика, другой рассматривается как резервный.

Резервирование в кольцевых структурах может осуществляться с привлечением схем 1+1 и 1:1, то есть оно ничем не отличается от своих линейных (шинных) аналогов.

При схеме 1:1 восстановление связи выполняется следующим образом: поврежденный участок волоконно-оптической линии исключается из тракта передачи, а на передающих узлах, непосредственно примыкающих к повре-

жденному участку, происходит закольцовывание трафика (формируется «петля»). Технически это реализуется путем замыкания передатчика на приемник аппаратуры тех узлов, которые находятся на границе поврежденного участка, в результате сигнал перенаправляется на альтернативный маршрут. Поврежденным считается участок, на котором вышли из строя и кабель, и узел. Схема восстановления связи представлена на рисунке 1.4.

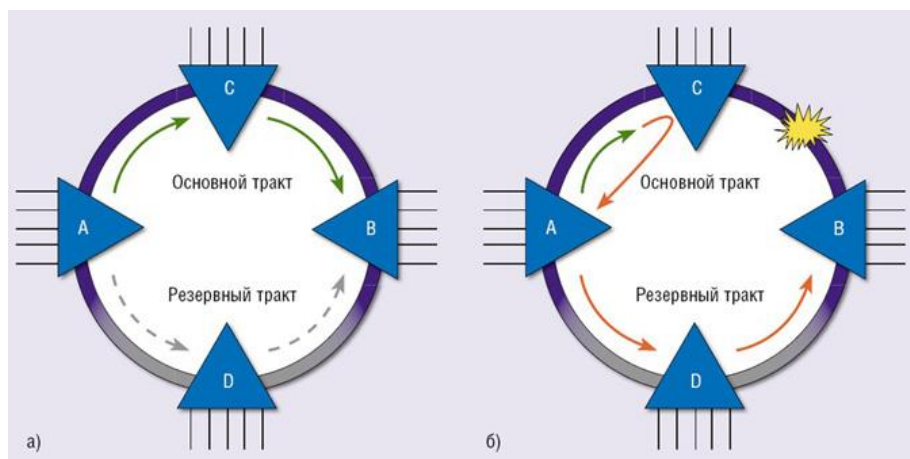


Рис.1.4. Схема работы участка сети с кольцевым резервированием по схеме 1:1:

а) нормальный режим; б) режим использования резерва

Сеть с кольцевой топологией открывает возможность для использования различных схем резервирования, что значительно повышает надежность функционирования систем оптической связи. Организация резервирования в кольцевой топологии не требует значительных затрат на увеличение количества волокон или прокладку дополнительных кабелей.

Недостаток данного способа состоит в том, что по мере роста числа промежуточных узлов в кольце вероятность одновременного нарушения связи по основному и резервному полукольцам возрастает. Это может привести к прекращению обслуживания нескольких промежуточных узлов, а сама сеть распадется на несколько несвязанных между собой фрагментов.

Для устранения этого недостатка в сложных разветвленных сетях задача резервирования часто решается за счет организации множества отдельных колец и дополнительных связей между ними (рис.1.5). Если при построении сети применяется такой комбинированный подход, то можно реализовать различные схемы резервирования, отвечающие требованиям конкретного проекта. При этом топология межкольцевых связей и алгоритм формирования резервных направлений выбираются таким образом, чтобы полный или, по крайней мере, частичный выход из строя одного из колец не влиял на работоспособность всей сети.

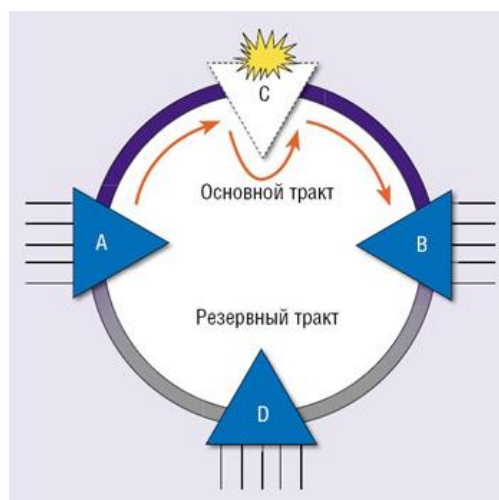


Рис.1.5. Схема работы участка сети с использованием обходного пути.

Системное резервирование

Организация системного резервирования в оптической сети предполагает одновременное введение дополнительных волокон в линейную часть и блоков в активное приемопередающее оборудование на узлах сети. Если на основном направлении передачи повреждаются световоды или происходит отказ узловой сетевой аппаратуры, то выполняется переключение на резервное направление.

Системное резервирование может быть организовано по схемам 1+1, 1:1 или m:N (1:N — как частный случай).

При прочих равных условиях наиболее предпочтительной представляется схема 1+1, поскольку она обеспечивает практически непрерывную передачу сигнала даже в момент отказа. В принципе, в штатном режиме резервный тракт допускается использовать для увеличения пропускной способности сети, в частности, можно задействовать его ресурсы для передачи низкоприоритетной информации. Схема работы участка сети с системным резервированием в нормальном режиме и при выходе из строя основного тракта передачи показана на рисунке 1.6.

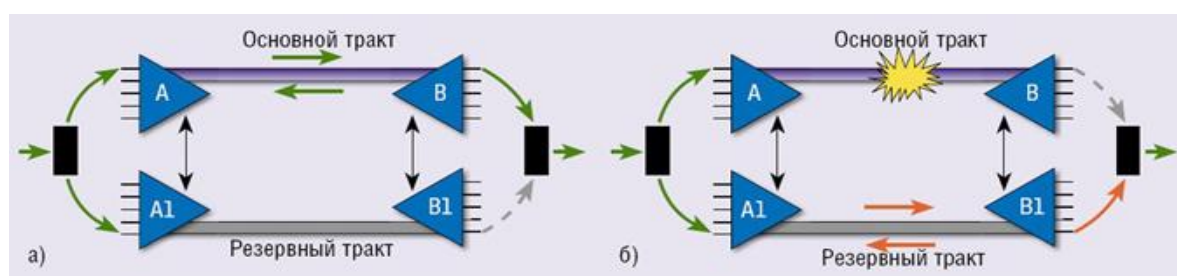


Рис.1.6. Схема участка сети с системным резервированием.

Системное резервирование обеспечивает высокую надежность связи, однако этот вариант требует значительных материальных затрат.

В то же время возможность увеличения пропускной способности сети за счет использования резервных ресурсов при отсутствии отказов может оправдать необходимые вложения.

Применение различных способов резервирования

Каждый из вышеописанных вариантов резервирования обладает определенными преимуществами и недостатками, от которых зависит его применение на различных участках сети связи. Как правило, наибольшей эффек-

тивности резервирования позволяет добиться использование различных комбинаций рассмотренных выше способов.

Наиболее критичными к надежности связи являются транспортные сети: нарушение их работоспособности приводит к отсутствию или недопустимо низкому качеству связи для большого количества абонентов. Поэтому резервирование должно быть организовано с максимально возможной эффективностью. Обычно резервируются как линии связи, так и приемопередающее оборудование, то есть используется системное резервирование. В настоящее время большинство городских транспортных сетей строится в соответствии с кольцевой топологией, что позволяет задействовать различные схемы резервирования, характерные для кольца.

В последнее время, несмотря на более высокую стоимость, при строительстве транспортной сети оптической связи все чаще применяется схема четырехволоконного кольца, которая позволяет реализовать более гибкие и надежные схемы резервирования. Кроме того, широко распространенные системы WDM не только обеспечивают увеличение пропускной способности сети, но и могут использоваться в целях резервирования.

ВЫВОДЫ

В первой главе рассмотрены следующие вопросы:

1. Понятия надежности и живучести сетей телекоммуникации
2. Методы построения оптических систем
3. Сравнение построения топологии сетей связи

В следующей главе рассмотрим вопросы организации резервной пути.

ГЛАВА 2 ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИИ РЕЗЕРВНОГО ПУТИ ДЛЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ МАГИСТРАЛИ

2.1 Характеристика существующей магистрали

На участке Кунград - Жаслык с 2009 года эксплуатируется волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС), на основе волоконно-оптического кабеля ОМЗКГМ 10 – 01 - 0,22 - 12(7), по которому в настоящее время осуществляется работа цифровой системы передачи, обеспечивающий передачу информации со скоростью 10 Гбит/с и работающий по линейной топологии «точка-точка», т.е по схеме 1+1 (рис.2.1). Данная линия проложена параллельно магистральной автомобильной дороги.

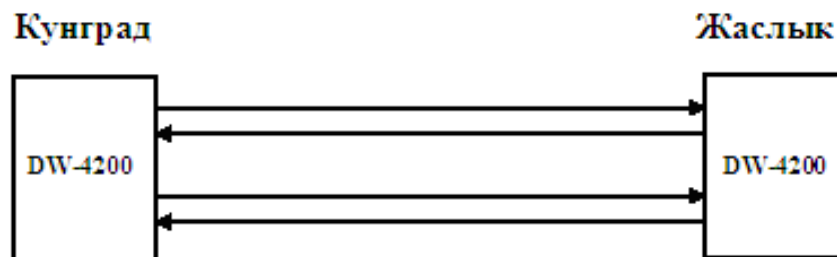


Рис.2.1 Схема существующей трассы

2.2 Обоснование необходимости организации резервного пути

В современных условиях рыночной экономики появилась необходимость коренных изменений в структуре и практике эксплуатации сетей связи.

Современные цифровые сети должны иметь гибкую, легко управляемую структуру.

Причины организации резервной (обходной) пути:

1. При отказе кабеля, прекращается передача информации на этом участке.
2. Повышение требований к надежности работы кабельной магистрали.
3. Повышение требований к живучести работы кабельной магистрали.

2.3 Выбор резервного пути

В соответствии с техническим заданием и анализа построения топологии сети, выберем путь для резервирования (обхода) существующей магистральной ВОЛС Кунград - Жаслык.

Трасса ВОЛС определяется расположением конечных пунктов. Все требования, учитываемые при выборе трассы можно свести к трем основным: минимальные капитальные затраты на строительство; минимальные эксплуатационные расходы; удобство обслуживания.

Для соблюдения указанных требований, трасса должна иметь наикратчайшее расстояние между заданными пунктами и наименьшее количество препятствий, усложняющих и удорожающих строительство. За пределами населенных пунктов трассу обычно выбирают в полосе отвода шоссейных дорог или вдоль профилированных проселочных дорог. Допускается строительство трассы магистрали вдоль железных дорог.

Для рассмотрения предлагаются два варианта трасс прокладки кабеля (рис.2.2.)

1. Вдоль (параллельно) железной дороги Кунград - Жаслык.
2. Вдоль (параллельно) шоссейной дороги Кунград - Муйнак - Жаслык.

Первый вариант трассы магистрали имеет на своем пути 3 пересечения с подъездными дорогами к железной дороге, в то время так второй вариант пересекает несколько автодорог местного значения и имеются 4 перехода через водные преграды (таблица 1.1) [22].

Результаты сравнений показаны в таблице 1.1.

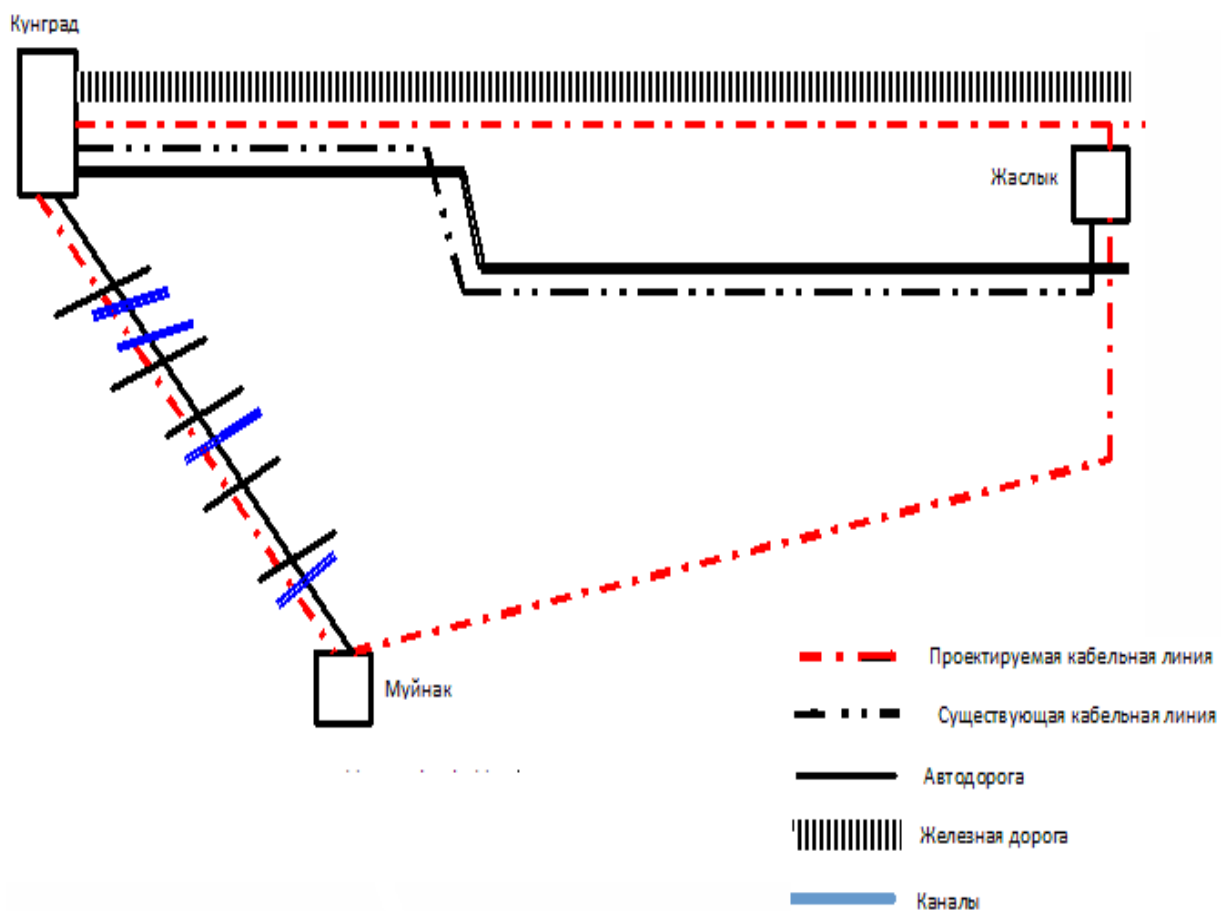


Рис.2.2 Варианты резервирования существующей трассы ВОЛС

Таблица 1.1

Длина существующей трассы		171 км.	
№	Вариант	выбор резервного (обходной) пути через	
		Кунград - Жаслык	Кунград – Муйнак – Жаслык
		I	II
1	Длина трассы	169 км	100+145 = 245 км
2	Прокладка ВОК	Необходимо	Необходимо
3	Переходы через водные преграды	нет	4
4	Пересечение с	нет	≈ 5

	автодорогами		
--	--------------	--	--

Как видно из рисунка 2.2, таблицы 1.1 и анализа выбора трассы, первый вариант предпочтительнее, так как:

1. Длина трасса уменьшилась на 2 км.
2. Нет пересечений с водными преградами и автодорогами.

Выводы

Во второй главе были рассмотрены следующие вопросы:

1. Дана характеристика существующей кабельной линии
2. Обосновано необходимость организации резервного пути.
3. Произведен выбор резервного пути существующей линии.

В следующей главе рассмотрим вопросы по выбору кабеля и системы передачи

ГЛАВА 3 ВЫБОР ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ И СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

3.1 Выбор оптического кабеля

У различных компаний занимающихся производством оптического кабеля, основные характеристики кабелей обычно сходны.

Волоконно-оптические кабели в броне из круглых стальных оцинкованных проволок и защитном шланге из полиэтилена - для прокладки через водные преграды, непосредственно в грунте, в кабельной канализации и других линейных сооружениях.

Волоконно-оптические кабели с оптическими волокнами в центральной трубке, в броне из круглых стальных оцинкованных проволок и защитном шланге из полиэтилена - для прокладки через водные преграды, непосредственно в грунте, в кабельной канализации и других линейных сооружениях.

Волоконно-оптические кабели в стальной ленточной гофрированной броне, защитном шланге из полиэтилена - для прокладки в кабельной канализации, трубах, блоках, коллекторах, тоннелях, на мостах и эстакадах, в станционных шахтах.

Число оптических волокон в кабелях обычно составляет от 4 до 216.

Срок службы волоконно-оптических кабелей: как правило, не менее 25 лет [4].

По требованию заказчика кабели могут изготавливаться в защитной оболочке из материала, не распространяющего горения.

В производстве волоконно-оптического кабеля на российских и белорусских заводах-изготовителях используется оптическое волокно ведущих зарубежных фирм.

У каждого завода-производителя свой тип обозначения и маркировки волоконно-оптических кабелей, а также имеются отличия в параметрах технических характеристик.

Для примера сравним по одной марке кабелей СП ЗАО «Москабель-Фуджикура» (марка - ОМЗКГМ), выполняемых по ТУ 16.К87-001-00 и ЗАО «Белкабель» (марка - ОМЗКГМ), выполняемых по ТУ 3587-007-05755714-98 (таблицы 3.1 – 3.4) [15].

Таблица 3.1 Электрические параметры

Параметр	Ед. измерения	Значение	Объект нормирования
----------	---------------	----------	---------------------

«Москабель-Фуджикура»	«Белкабель»	«Москабель-Фуджикура»	«Белкабель»	«Москабель-Фуджикура»	«Белкабель»	«Москабель-Фуджикура»	«Белкабель»
Электрическое сопротивление изоляции постоянному току		МОм x км		2000	2000	Между металлическими элементами (броней) и землей (водой)	
Испытательный импульсный ток длительностью 60 сек		кА		105	105	Металлические элементы	
Испытательное напряжение наружной оболочки, в течение 5 с: - переменный ток частотой 50 Гц; - постоянный ток		кВ		10 20	10 20	Между соединенными вместе металлическими элементами и землей (водой). То же.	

Таблица 3.2 Климатические параметры

Параметр		Ед. измерения		Значение	
«Москабель-Фуджикура»	«Белкабель»	«Москабель-Фуджикура»	«Белкабель»	«Москабель-Фуджикура»	«Белкабель»
Рабочий диапазон температур		°С		-40...+50	-60...+70

Стойкость к воздействию плесневых грибов, росы, атмосферных осадков, инея, соляного тумана, солнечного излучения		В соответствии с ГОСТ 20.57.406
--	--	---------------------------------

Таблица 3.3 Механические параметры

Параметр		Ед. измерения		Значение	
«Москабель-Фуджикура»	«Белкабель»	«Москабель-Фуджикура»	«Белкабель»	«Москабель-Фуджикура»	«Белкабель»
Стойкость к статическим растягивающим усилиям, не менее		кН		7,0	7,0
Стойкость к раздавливающим усилиям, не менее		кН/см		0,6	1,0
Стойкость к динамическим изгибам				20 циклов изгибов на угол $\pm 90^\circ$ с радиусом, равным 20 номинальных диаметров кабеля при температуре - 10°C	
Стойкость к перемоткам				10 перемоток с барабана на барабан с радиусом шейки, равным 20 номинальным диаметрам ОК	
Стойкость к осевому кручению				10 циклов осевых кручений на угол $\pm 360^\circ$ на длине (4+0,2)м при нормальной температуре окружающей среды	
Стойкость к однократному удару		Дж		50	20

Стойкость к вибрационной нагрузке	м/с ²	При ускорении до 40 в диапазоне частот 10...200 Гц
Стойкость к продольной водопроницаемости	м	В соответствии с ГОСТ Р МЭК 794-1 при избыточном давлении 9,8 кПа

Если говорить в отношении предпочтения того или иного производителя, исходя из сравнительных характеристик рассмотренных однопольных марок кабелей и принимая во внимание отличия по параметрам, можно считать, что ввиду малых отличий, решающим фактором при выборе может быть скорее цена.

В соответствии с «Техническими требованиями к оптическим кабелям связи» оптические кабели связи должны удовлетворять следующим требованиям:

- герметичность и влагостойкость;
- механическая защита;
- стойкость к избыточному гидростатическому давлению;
- защита от грызунов.

Оптические кабели вне зависимости от условий применения должны выдерживать циклическую смену температур, от низкой до высокой рабочей температуры.

Учитывая трассовые и грунтовые условия местности, на проектируемом участке, для прокладки ВОК. выберем кабель производства «Белтелекабель» типа ОМЗКГМ 10-01-0,22-18 (7,0), так как на существующей трассе уже проложен однопольный кабель.

В производстве используются материалы ведущих зарубежных и отечественных фирм.

Оптические кабели марки ОМЗКГМ предназначены для прокладки в

кабельной канализации, трубах, блоках, коллекторах, в грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, через водные преграды, неглубокие болота и несудоходные реки.

Допустимая температура эксплуатации от минус 40 до плюс 60 °С.

В таблице 3.4 приведены характеристики кабеля ОМЗКГМ-10-01-0,22-12.

Таблица 3.4 Характеристики кабеля ОМЗКГМ-10-01-0,22-24(7,0)

Параметр	Значение
Оптическое волокно	Одномодовое
Количество ОВ	12
Диаметр кабеля, мм	12,9...20,8
Масса, кг/км	258...859
Коэффициент затухания на длине волны 1,55 мкм, дБ/км	0,22, не более
Хроматическая дисперсия на длине волны 1,55 мкм, пс/нм·км	18, не более
Допустимое растягивающее усилие, кН	7,0
Допустимое раздавливающее усилие, кН/см	0,6
Срок службы, лет	25, не менее
Строительная длина, м	5000, не более

3.2 Выбор системы передачи

Существующая связь на участке Кунград - Жаслык, осуществляется с помощью оборудования фирмы NEC, со скоростью передачи 10 Гб/сек, по схеме 1+1. Поэтому не надо закупать новое оборудование, надо всего лишь одно направление приемо – передачи переключить на новую (резервную) линию.

На рис. 3.1 . приведена структурная схема организации связи на участке Кунград – Жаслык.

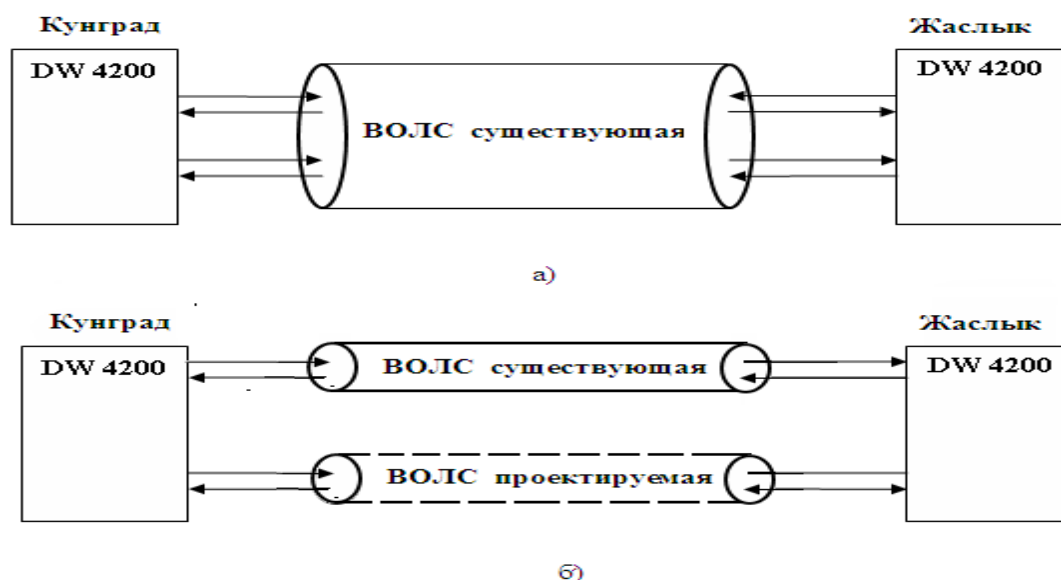


Рис. 3.1 Структурная схема организации связи

- а) до переключения, 4-х волоконная однокабельная система в режиме 1+1;
 б) после переключения, 2-х волоконная 2-хкабельная система в режиме 1+0.

3.3 ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ DW 4200

3.3.1 Базовая конфигурация

SpectralWave DW4200 – система передачи, реализующая технологию с разделением и уплотнением по длинам волн (DWDM). В дополнение к функциям передачи, система позволяет резервировать пути сигналов. Система обеспечивает передачу до 1.6 Тбит/с (40 Гбит/с x 40 каналов) по каждому оптическому волокну и дальность до 1000 км (рис.2.11).

SpectralWave DW4200 также поддерживает такую топологию сети, как точка-точка, линейная схема, кольцевая и защищенная схема по каждой волне. Также поддерживается удаленное обслуживание, контроль оборудования и пути, и полный контроль сети []. Рисунок 3.3 показывает пример конфигурации сети.

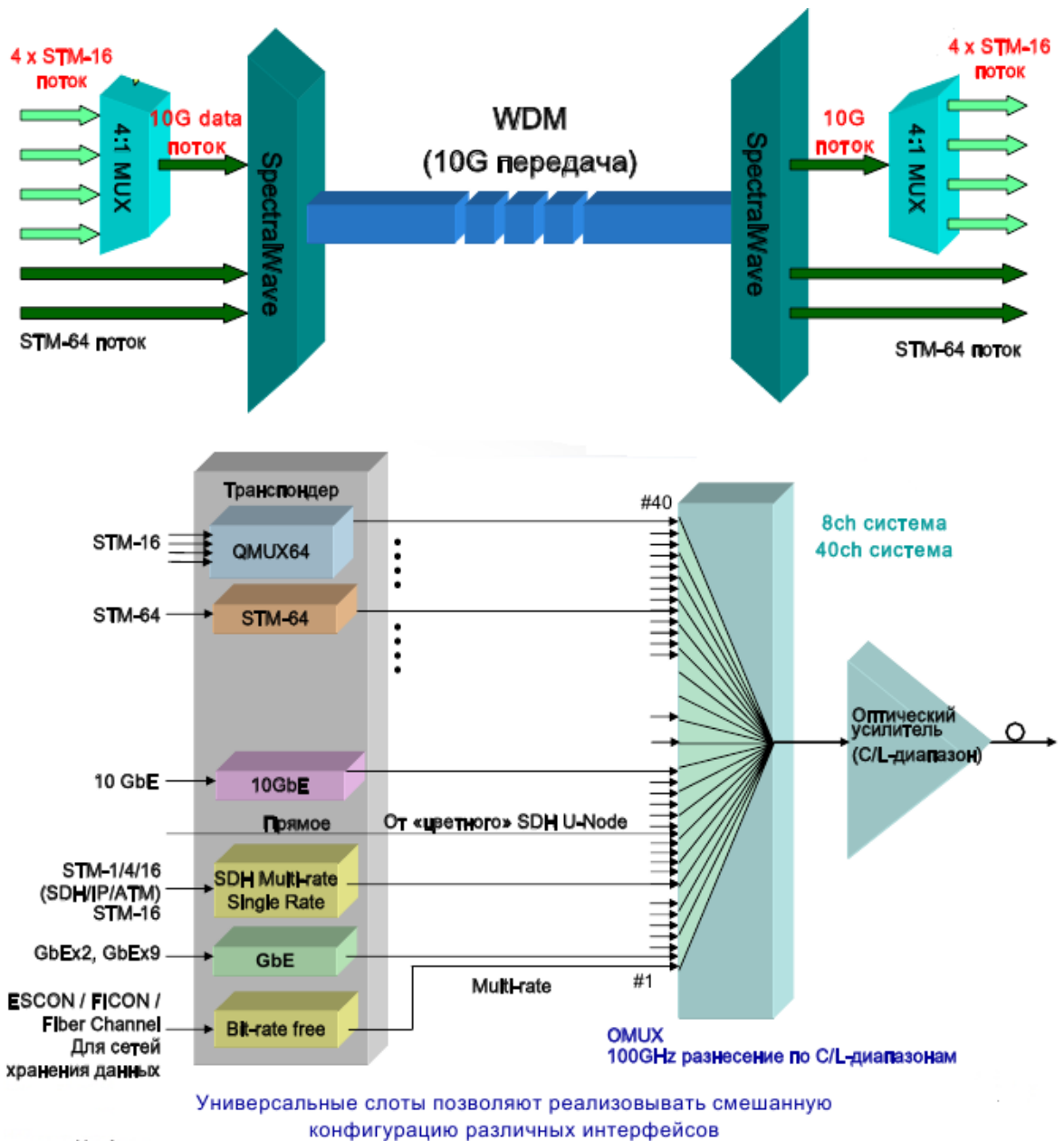
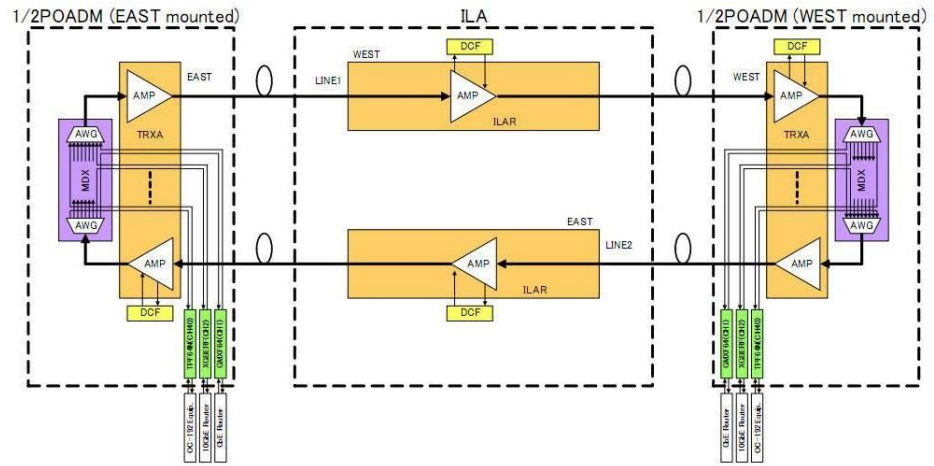


Рис.3.2 Блок схема SpectralWave DW4200.

SpectralWave DW4200 поддерживает следующие типы сетевых элементов.

- Кольцевая конфигурация (смешанная ROADM (пассивный OADM))
- Линейная конфигурация
- Конфигурация точка-точка
- Конфигурация WXC



б)

Рис. 3.3 Примеры соединения элементов сети

а) Конфигурация точка-точка: б) Кольцевая конфигурация

3.3.2 Распределение усиления и число полос передачи

SpectralWave DW4200 содержит 3 типа усилителей:

- Усилитель с экстремально высоким усилением (TRXA40C3/TRXA80L3 /ILAR40C3 / ILAR80L3) может компенсировать до 38 дБ потерь.
- Усилитель с высоким усилением (TRXA40C2/TRXA80L2/ILAR40C2/ILAR80L2) может компенсировать до 33 дБ потерь.
- Усилитель с нормальным усилением (TRXA40C1/TRXA80L1) может компенсировать до 27 дБ потерь и усилитель (TRXA80L1B/ILAR80L1F) может компенсировать до 21дБ/25дБ потерь.

3.3.3 Защищенная система

Оборудование обеспечивает кольцевые переключения по приемному концу. Если случается отказ линии передачи, или оборудования, сохраняется

благодаря автоматическому переключению. При проведении обслуживания линии передачи или оборудования, производится ручное переключение из сервисных устройств.

3.3.4 Метод кольцевого переключения

Т.к. основной сигнал всегда передается в двух направлениях - WEST и EAST, на приеме он может выбираться с любого из них. В дополнение, применяется функция доступа к резервной линии (один основной сигнал передается в сторону WEST, а другой основной сигнал – в сторону EAST). Следующие два типа установок каждого пути могут быть сделаны с контрольного и управляющего оборудования.

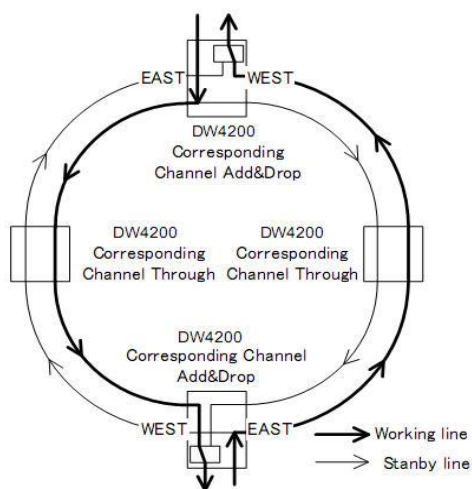


Рис. 3.4 Общее представление о методе кольцевого переключения

3.3.5 Описание блока TRXA

Блок TRXA состоит из усилителя оптического приема и усилителя оптической передачи. Оба усилителя направлены в одном направлении (восточная сторона или западная сторона) линий передачи.

Усилитель оптического принятого сигнала извлекает основные сигналы WDM и контрольный сигнал от оптических сигналов от линии передачи. Из-

влеченные основные сигналы WDM усиливаются и выводятся на блок DWS. Извлеченный контрольный сигнал посылается на блок OSCR.

Усилитель оптической передачи получает основные сигналы WDM от блока DWS.

Основные сигналы WDM в усилителе оптической передачи от блока OSCR мультиплексируется по длине волны и выводится на передающую линию.

Типы блока TRXA следующие:

Номенклатура	типы	Коэффициент усиления		Диапазон
TRXA40C1		Обычный	27 дБ	C-Band
TRXA40C2		Высокий	33 дБ	C-Band
TRXA40C3		Экстра высокий	38 дБ	C-Band
TRXA80L1		Обычный	27 дБ	L-Band
TRXA80L1B		Обычный	21 дБ	L-Band
TRXA80L2		Высокий	33 дБ	L-Band
TRXA80L3		Экстра высокий	38 дБ	L-Band

3.3.6 Функциональное описание

Функциональная блок-схема TRXA показана на рис. 3.5 и рис. 3.6. Следующие компоненты выполняют функции блока TRXA:

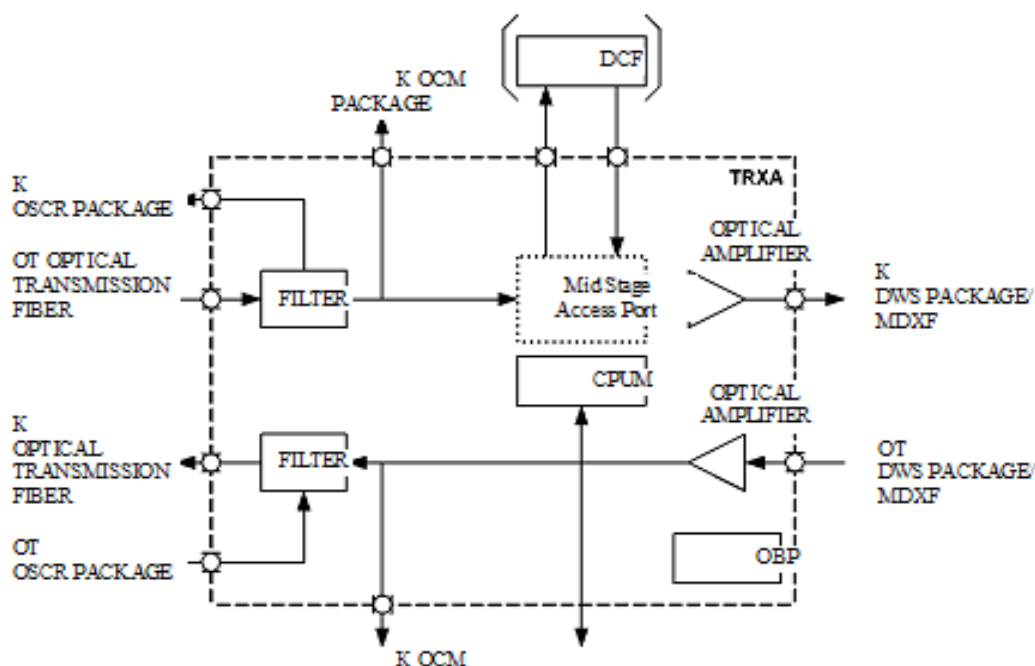


Рис. 3.5 Блок-схема блока TRXA40C1/TRXA80L1
(Обычный коэффициент усиления)

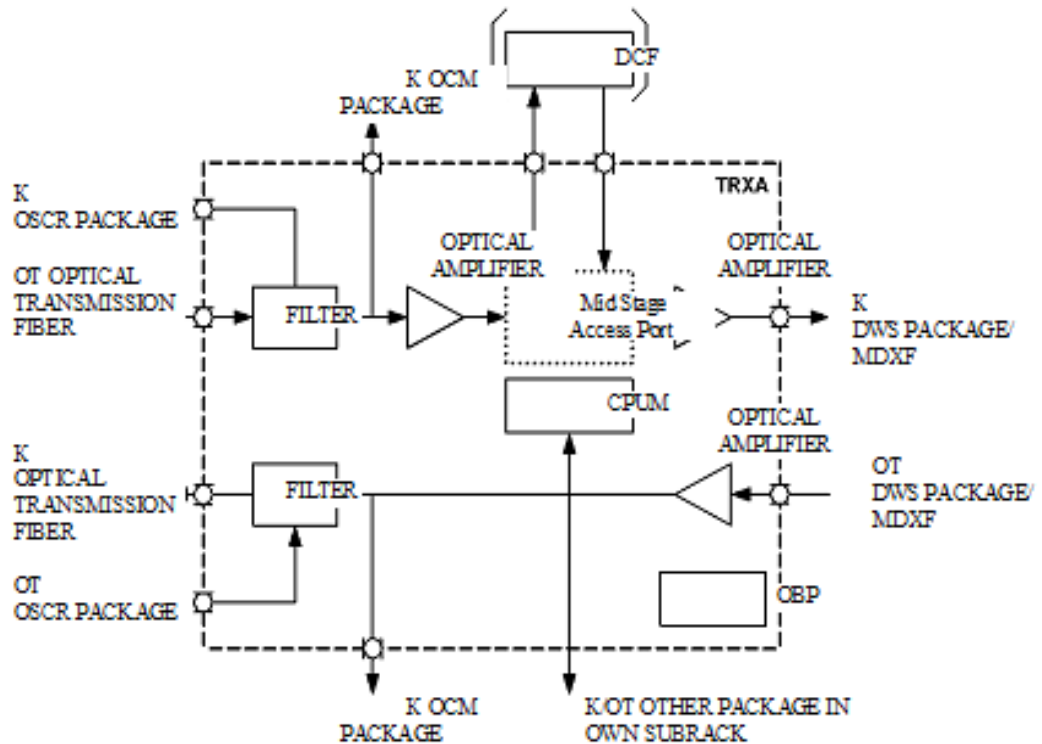


Рис. 3.6 Блок-схема блоков TRXA80L1B (Обычный коэффициент усиления), TRXA40C2/TRXA80L2 (Высокий коэффициент усиления), и TRXA40C3/TRXA80L3 (Экстра высокий коэффициент усиления).

Таблица 3.5 Спецификации блока TRXA40C2/TRXA80L2
(Высокий коэффициент усиления)

	параметры		спецификации
Вносимые потери	IN – K OSC		≤ 3.0 дБ
Усилитель оптического приема при режиме 40ch	IN	Диапазон OPR-SIG (входная мощность)	-31.0 до -2.0 дБм
		OPR-SIG (входная мощность) на канал	-31.0 до -18.0 дБм
	OUT	Диапазон OPT-SIG (выходная мощность)	+1.0 до +20.0 дБм

		OPR-SIG (входная мощность) на канал	+1.0 до +4.0 дБм
Усилитель оптической передачи при режиме 40ch	IN	Диапазон OPR-SIG (входная мощность)	-16.0 до +5.0 дБм
		OPR-SIG (входная мощность) на канал	-16.0 до -11.0 дБм
	OUT	Диапазон OPT-SIG (выходная мощность)	-0.5 до +23.5 дБм
		OPR-SIG (входная мощность) на канал	-0.5 до +7.5 дБм
Усилитель оптического приема	Коэффициент шума (на макс. кол-ве каналов, минимальный входной уровень)		< 7.5 дБ
	Макс. варьирование коэф. усиления при усилении		< 2.0 дБ
Усилитель оптической передачи	Коэффициент шума (на макс. кол-ве каналов, минимальный входной уровень)		< 10.0 дБ
	Макс. варьирование коэф. усиления при усилении		< 2.0 дБ

Таблица 3.6

Спецификации блока TRXA40C3/TRXA80L3 (экстра высокий коэффициент усиления)

ПАРАМЕТРЫ

СПЕЦИФИКАЦИИ

Вносимые потери	IN – К OSC		≤ 3.0 дБ
Усилитель оптической передачи	IN	Диапазон OPR-SIG (входная мощность)	-36.0 до -7.0 дБм
		OPR-SIG (входная мощность) на канал	-36.0 до -23.0 дБм

ского приема при режиме 40ch	OUT	Диапазон OPT-SIG (выходная мощность)	+1.0 до +20.0 дБм
		OPR-SIG (входная мощность) на канал	+1.0 до +4.0 дБм
Усилитель оптической передачи при режиме 40ch	IN	Диапазон OPR-SIG (входная мощность)	-16.0 до +5.0 дБм
		OPR-SIG (входная мощность) на канал	-16.0 до -11.0 дБм
	OUT	Диапазон OPT-SIG (выходная мощность)	-0.5 до +23.5 дБм
		OPR-SIG (входная мощность) на канал	-0.5 до +7.5 дБм
Усилитель оптического приема	Коэффициент шума (на макс. кол-ве каналов, минимальный входной уровень)		< 6.0 дБ (TRXA40C3) < 7.0 дБ
	Макс.варьирование коэф. усиления при усилении		< 2.0 дБ
Усилитель оптической передачи	Коэффициент шума (на макс. кол-ве каналов, минимальный входной уровень)		< 10.0 дБ
	Макс.варьирование коэф. усиления при усилении		< 2.0 дБ

Таблица 3.7

Спецификации блока TRXA80L1B (обычный коэффициент усиления)

ПАРАМЕТРЫ			СПЕЦИФИКАЦИИ
Вносимые потери	IN – K OSC		≤ 3.0 дБ
Усилитель оптического	IN	Диапазон OPR-SIG (входная мощность)	-19.0 до +12.0 дБм

приема при режиме 40ch		OPR-SIG (входная мощность) на канал	-19.0 до -4.0 дБм
	OUT	Диапазон OPT-SIG (выходная мощность)	+1.0 до +20.0 дБм
		OPT-SIG (выходная мощность) на канал	+1.0 до +4.0 дБм
Усилитель оптической передачи при режиме 40ch	IN	Диапазон OPR-SIG (входная мощность)	-16.0 до +5.0 дБм
		OPR-SIG (входная мощность) на канал	-16.0 до -11.0 дБм
	OUT	Диапазон OPT-SIG (выходная мощность)	-0.5 до +23.5 дБм
		OPT-SIG (выходная мощность) на канал	-0.5 до +7.5 дБм
Усилитель оптического приема	Коэффициент шума (на макс. кол-ве каналов, минимальный входной уровень)		< 8.6 дБ
	Макс. варьирование коэф. усиления при усилении		< 2.0 дБ
Усилитель оптической передачи	Коэффициент шума (на макс. кол-ве каналов, минимальный входной уровень)		< 7.5 дБ
	Макс. варьирование коэффициента усиления при усилении		< 2.0 дБ

Система SpectralWave DW4200 предоставляет возможность провайдеру услуг сети создать сети оптической передачи большой емкости в городах/регионах. Система предназначена для создания экономически эффективной распределительной сети между магистральными сетями и сетями доступа. Используя функциональные возможности ROADM (Реконфигурируемый оптический мультиплексор ввода/вывода), можно создать региональную кольцевую сеть с длиной окружности в 1000 км при передаче 40 длин волны. На любом узле в кольцевой сети любая длина волны может быть конфигуриро-

вана для доступа к узлу, т.е. введена, выведена или перенесена через узел. SpectralWave DW4200 основана на технологии DWDM, и обладает возможностью уплотнения и транспортировки сорок оптических каналов двунаправлено с помощью одной пары стекловолокна между узлами. SpectralWave DW4200 может быть использован в кольцевых, линейных сетях и сетях с двухточечным соединением (рис. 3.7) .

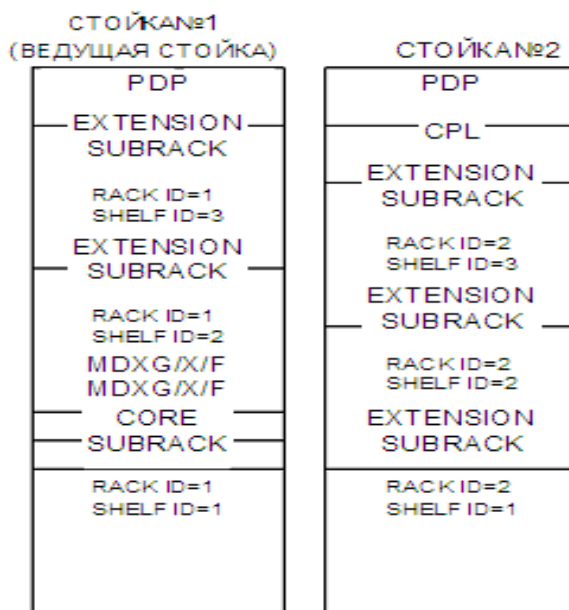


Рис. 3.7 Схема размещения стойки – система с 40 длинами волны и с 1-слотовым транспондерами

Выводы.

В третьей главе рассмотрены следующие темы:

1. Выбор оптического кабеля
2. Построение системы DW 4200

ГЛАВА 4. РАСЧЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЕКТИРУЕМОЙ ВОЛС

4.1 Расчет оптических параметров кабеля

4.1.1 Паспортные технические данные приемопередающего оборудования и ВОК, используемые для расчета затухания и дисперсии

При расчете брались технические характеристики действующей системы.

Таблица 4.1 Исходные данные для расчета параметров кабеля

1	Протяженность ВОЛС	$L = 170$ км
2	Показатель преломления сердцевины	$n_1 = 1,4800$
3	Рабочая длина волны	$\lambda = 1,55$ мкм
4	Количество муфт (количество сростков)	$n_{nc} = 56$
5	Километрическое затухание в ОВ	$\alpha \leq 0,24$ дБ/км
6	Количество разъемных соединений	$n_{pc} = 4$
7	Потери на неразъемных соединениях (сростках):	$A_{nc} = 0,05$ дБ
8	Потери на разъемных соединениях	$A_{pc} = 0,5$ дБ
9	Эксплуатационный запас для аппаратуры	$A_{эз} = 3$ дБ
10	Эксплуатационный запас для кабеля	$A_{эзк} = 3$ дБ
11	Мощность источника оптического излучения (табл.2.7)	$P_{вых} = -0,5 \dots + 20,0$ дБ
12	Чувствительность приемника (табл.2.7)	$P_{вых} = - 30,0 \dots - 2,0$ дБ
13	Максимальная величина крутизны нулевой дисперсии	$S_0 = 0,092$ пс/(нм ² ·км);
14	Максимальная ширина спектра излучения источника	$\Delta\lambda = 0,04$ нм
15	Коэффициент поляризационной модовой дисперсии	$D_{PMD} = 0,5$ пс/км ^{1/2}
16	Скорость передачи при STM-64	$B_0 = 9793,28$ Мбит/с

17	Начальная длительность импульса	$\tau_0 = 25,13$ пс;
----	---------------------------------	----------------------

4.1.2 Расчет оптических параметров кабеля

Основным элементом оптического кабеля является волоконный световод – круглый стержень из оптически прозрачного диэлектрика. Оптические волноводы из-за малых размеров поперечного сечения обычно называют волоконными световодами или оптическими волокнами (ОВ)[3,4].

Оптическое волокно состоит из сердцевины, по которой распространяются световые волны и оболочки. Сердцевина служит для передачи световых волн. Назначение оболочки – создание лучших условий отражения на границе «сердцевина-оболочка» и защита от излучения энергии в окружающее пространство. С целью повышения прочности и тем самым надежности волокна поверх оболочки накладывается первичное защитное упрочняющее покрытие.

Для передачи электромагнитной энергии по световоду используется явление полного внутреннего отражения на границе раздела двух сред. Эффект полного внутреннего отражения реализуется в световодах при соблюдении условия:

$$n_1 > n_2 , \quad (4.1)$$

где n_1 - показатель преломления сердцевины оптического волокна, n_2 - показателя преломления оболочки оптического волокна.

На рисунке 4.1 изображено распространение лучей в оптическом волокне.

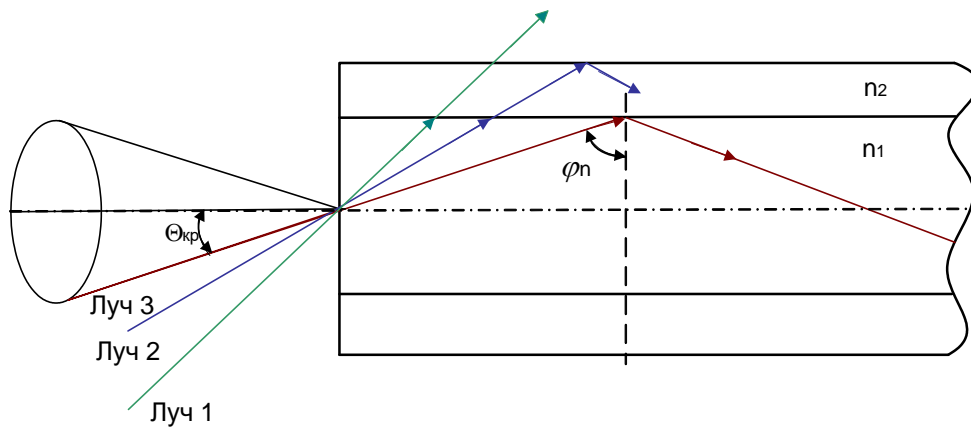


Рис. 4.1 – Распространение лучей в оптическом волокне. [3]

Луч полностью отражается на границе «сердцевина-оболочка» и остаётся внутри сердцевины (луч 3), когда угол падения (θ) меньше критического угла, который определяется соотношением [10]:

$$\sin \Theta_{\text{кр}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (4.2)$$

Величину называют апертурным углом.

Апертура - это угол между оптической осью и одной из образующих светового конуса, падающего в торец волоконного световода, при котором выполняется условие полного внутреннего отражения [10].

Наряду с понятием «угловая апертура» принято использовать понятие «числовая апертура» (Numerical Aperture).

Числовая апертура представляет собой синус максимального угла падения лучей на торец световода, при котором луч в световоде падает на границу «сердцевина-оболочка» под критическим углом [10]

$$NA = \sin \Theta_{\text{кр}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (4.3)$$

Числовая апертура равна:

$$NA = \sqrt{1,48^2 - 1,477^2} = 0,094$$

Нормированная, или характеристическая, частота – один из важнейших обобщающих параметров, который связывает структурные параметры оптического волокна и длину световой волны, распространяемой в волокне. По значению нормированной частоты можно судить о режиме работы оптического волокна.

При $< 2,405$ – режим работы оптического волокна – одномодовый.

При $> 2,405$ – режим работы оптического волокна – многомодовый.

Нормированная частота определяется по формуле [10]:

$$v = \frac{2\pi a}{\lambda} \times NA, \quad (4.4)$$

где a – радиус сердцевины волокна, м; λ – рабочая длина волны, м;

NA – числовая апертура.

Нормированная частота равна:

$$v = \frac{2 \times 3,14 \times 5 \times 10^{-6}}{1,55 \times 10^{-6}} 0,094 = 1,90$$

Из полученного результата $1,90 < 2,405$ следует, что режим работы по оптическому волокну – одномодовый. Достоинством одномодовых систем является весьма широкий диапазон частот и большая пропускная способность.

Определим длину волны и частоту, для критического режима, когда поле выходит за пределы оптического волокна и энергия по световоду не распространяется.

Критическая длина волны определяется по формуле [10]:

$$\lambda_{кр} = \frac{\pi d}{P_{nm} \times n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (4.5)$$

где d – диаметр сердцевины оптического волокна, м; P_{nm} – 2,405 значение корня функции Бесселя; n_1 и n_2 – показатели преломления сердцевины и оболочки.

Критическая длина волны равна:

$$\lambda_{кр} = \frac{3,14 \times 10 \times 10^{-6}}{2,405 \times 1,48} \sqrt{1,48^2 - 1,477^2} = 0,83 \text{ мкм}$$

Критическая частота определяется по формуле [10]:

$$f_{кр} = \frac{P_{nm} \times c_0}{\pi d \times \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}, \quad (4.6)$$

где P_{nm} – значение корня функции Бесселя; c_0 – скорость света, м/с; d – диаметр сердцевины, м; n_1 и n_2 – показатели преломления сердцевины и оболочки.

$$f_{кр} = \frac{2,405 \times 3 \times 10^8}{3,14 \times 10 \times 10^{-6} \times \sqrt{1,48^2 - 1,477^2}} = 2,44 \times 10^{14} \text{ Гц}$$

4.2 Расчет передаточных параметров оптического кабеля

4.2.1 Расчет затухания

Затухание и потери являются параметрами, определяющими дальность передачи по оптическому кабелю и его эффективность.

Затухание световодных трактов оптических кабелей (α), характеризуется собственными потерями в световодах (α_c) и дополнительными потерями, обусловленными деформацией и изгибами световодов при наложении покрытий и защитной оболочки при изготовлении кабеля (α_k). Суммарное затухание равно [10]:

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_k \quad (4.7)$$

Собственные потери волоконных световодов состоят в первую очередь из потерь поглощения (α_n) и потерь рассеяния (α_p).

Потери на поглощение существенно зависят от чистоты материала и при наличии посторонних примесей (α_{np}) могут быть значительными.

Собственное затухание рассчитывается по формуле [10]:

$$\alpha_c = \alpha_n + \alpha_p \quad (4.8)$$

Затухание в результате поглощения (α_n) связано с потерями на диэлектрическую поляризацию, оно линейно растет с частотой, зависит от свойств материала световода ($\text{tg } \delta$) и определяется по формуле [10]:

$$\alpha_n = 8,69 \frac{\pi n_1 \times \text{tg } \delta}{\lambda}, \quad (4.9)$$

где n_1 – показатель преломления сердцевины; $\text{tg } \delta = 1 \cdot 10^{-12}$ – тангенс диэлектрических потерь материала сердцевины оптического волокна; λ – рабочая длина волны, км.

Затухание поглощения равно:

$$\alpha_{\text{п}} = 8,69 \frac{3,14 \times 1,48 \times 1 \times 10^{-12}}{1,55 \times 10^{-9}} = 0,0261 \text{ дБ/км}$$

Затухание вследствие рассеяния (α_p) обусловлено неоднородностями материала ОВ, размеры которых меньше длины волны, и тепловой флуктуацией показателя преломления.

Затухание рассеяния определяется выражением [10]:

$$\alpha_p = \frac{K_p}{\lambda^4} \quad , \quad (4. 10)$$

где K_p – коэффициент рассеяния, для кварца равен $0,6 \text{ мкм}^4$.

Затухание рассеяния равно:

$$\alpha_p = \frac{0,6}{1,55^4} = 0,104 \text{ дБ/км}$$

Потери на рассеяние определяют нижний предел потерь оптического волокна.

В результате, собственные потери мощности в ОВ составят:

$$\alpha_c = 0,0261 + 0,104 = 0,130 \text{ дБ/км}$$

Дополнительные потери в оптических кабелях (α_k) обусловлены деформацией оптических волокон в процессе изготовления кабеля - скруткой, изгибами волокон и так далее.

В общем случае дополнительные потери определяются, как:

$$\alpha_k = \sum_{i=1}^7 \alpha_i \quad (4.11)$$

В процессе изготовления волокна их классифицируют по следующим семи составляющим:

α_1 – возникает вследствие приложения к ОВ термомеханических воздействий в процессе изготовления кабеля; α_2 – вследствие температурной зависимости коэффициента преломления материала ОВ; α_3 – вызывается микроизгибами ОВ; α_4 – возникает вследствие нарушения прямолинейности ОВ (скрутка); α_5 – возникает вследствие кручения ОВ относительно его оси; α_6 – возникает вследствие неравномерности покрытия ОВ; α_7 – возникает вследствие потерь в защитной оболочке ОВ.

При соблюдении норм технологического процесса изготовления доминируют потери на микроизгибы.

Потери на микроизгибы и потери в защитных оболочках сравнительно невелики и составляют 0,1 дБ/км.

Расчетное суммарное затухание кабеля равно:

$$\alpha = 0,130 + 0,1 = 0,23 \text{ дБ/км}$$

4.2.2 Расчет дисперсии

При прохождении импульсных сигналов по световоду изменяется не только амплитуда импульсов, но и их форма – импульсы уширяются. Это явление называется дисперсией (τ) [].

Дисперсия – это рассеивание во времени спектральных или модовых

составляющих оптического сигнала, которое приводит к увеличению длительности импульса оптического излучения при распространении его по ОВ, рис.4.2.

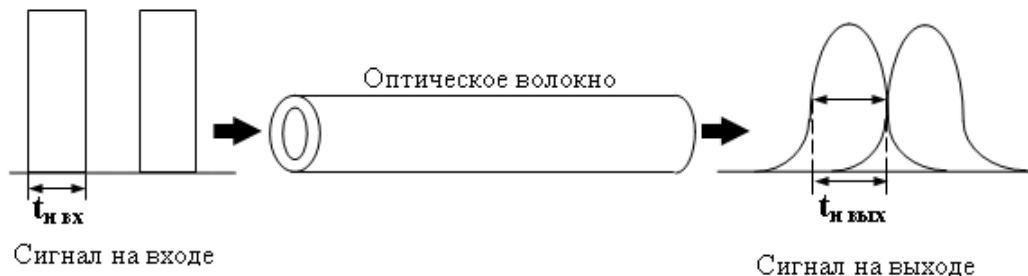


Рис. 4.2 – Искажение формы импульсов вследствие дисперсии.[3]

Полная классификация составляющих дисперсии оптического волокна приведена на рис. 4.3.

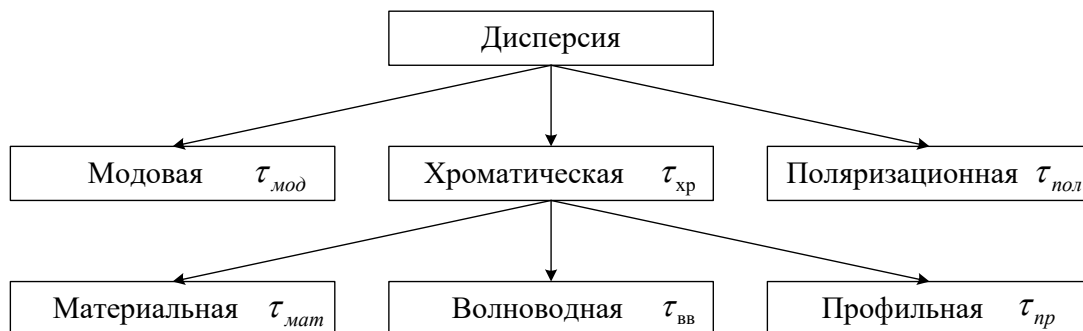


Рис. 4.3 – Классификация составляющих дисперсии оптического волокна.[3]

Модовая (межмодовая) дисперсия обусловлена наличием большого числа мод, каждая из которых распространяется со своей скоростью, и имеет место только в многомодовом волокне.

Основной причиной возникновения хроматической (частотной) дисперсии является некогерентность источников излучения, реально работающих в спектре длин волн. Хроматическая дисперсия складывается из волноводной (внутримодовой) ($\tau_{вв}$), материальной ($\tau_{мат}$) и профильной ($\tau_{пр}$) [3]:

$$\tau_{\text{хр}} = \tau_{\text{мат}} + \tau_{\text{вв}} + \tau_{\text{пр}} \quad (4.12)$$

Волноводная (внутримодовая) дисперсия обусловлена процессами внутри моды. Она характеризуется направляющими свойствами сердцевины ОВ, а именно: зависимостью групповой скорости моды от длины волны оптического излучения, что приводит к различию скоростей распространения частотных составляющих излучаемого спектра.

Материальная дисперсия обусловлена зависимостью показателя преломления сердцевины и оболочки от длины волны оптического излучения.

К основным причинам возникновения профильной дисперсии относятся поперечные и малые продольные отклонения геометрических размеров и формы волокна. Они могут возникать в процессе изготовления ОВ, строительства и эксплуатации ВОЛС.

Материальную, волноводную, профильную дисперсии определим по формулам [3]:

$$\tau_{\text{мат}} = \Delta\lambda \cdot M(\lambda), \quad (4.13)$$

$$\tau_{\text{вв}} = \Delta\lambda \cdot B(\lambda), \quad (4.14)$$

$$\tau_{\text{пр}} = \Delta\lambda \cdot P(\lambda), \quad (4.15)$$

где $\Delta\lambda = 0,5$ ширина спектра источника излучения, нм (для выбранной системы передачи);

$M(\lambda) = -18$ пс/нм·км удельная дисперсия материала;

$B(\lambda) = 12$ пс/нм·км удельная волноводная дисперсия;

$P(\lambda) = 5,5$ пс/нм·км удельная профильная дисперсия.

По формулам (4.15; 4.14; 4.13) рассчитаем материальную, волноводную, профильную дисперсии:

$$\tau_{\text{мат}} = 0,5 \cdot (-18) = -9 \text{ пс/км},$$

$$\tau_{\text{вв}} = 0,5 \cdot 12 = 6 \text{ пс/км},$$

$$\tau_{\text{пр}} = 0,5 \cdot 5,5 = 2,75 \text{ пс/км}$$

Поляризационная модовая дисперсия возникает вследствие различной скорости распространения двух взаимно перпендикулярных поляризационных составляющих моды. Главная физическая причина появления PMD – некруглость профиля сердцевины одномодового волокна.

PMD типового волокна, как правило составляет от 0,5 до 0,2 .

Поляризационная модовая дисперсия начинает сказываться только при скорости передачи выше 2,5 Гбит/с, поэтому при расчете ее не учитываем.

Результирующая хроматическая дисперсия равна:

$$\tau_{\text{хр}} = -9 + 6 + 2,75 = -0,5 \text{ пс/км}$$

Полоса частот ΔF , пропускаемая световодом определяет объем информации, который можно передать по ОВ. Так как импульс на приеме приходит искаженным (вследствие различия скоростей распространения в ОВ отдельных частотных составляющих сигнала), то происходит ограничение полосы пропускания сигнала. Дисперсия (τ) связана с полосой пропускания следующим соотношением [3]:

$$\Delta F = \frac{0,44}{\tau} \quad (4.16)$$

Определим полосу пропускания волоконного световода:

$$\Delta F = \frac{0,44}{0,5 \cdot 10^{-12}} = 880 \text{ ГГц} \cdot \text{км}$$

4.3 Расчёт длины участков регенерации

Длина регенерационного участка (РУ) цифровой волоконно-оптической системы (ЦВОСП) зависит от многих факторов, важнейшим из которых является [10]:

- энергетический потенциал (\mathcal{E}) ЦВОСП, равный:

$$\mathcal{E} = P_{\text{пер}} - P_{\text{пр}}, \text{ дБ}, \quad (4.17)$$

где $P_{\text{пер}}$ – абсолютный уровень мощности оптического сигнала (излучения) (табл.3.1), дБм;

$P_{\text{пр}}$ – абсолютный уровень мощности оптического сигнала на входе приёмного устройства, при котором коэффициент ошибок или вероятность ошибки $P_{\text{ош}}$ одиночного регенератора не превышает заданного значения (табл.3.1), дБм;

\mathcal{E} – энергетический потенциал определяет максимально-допустимое затухание оптического сигнала в оптическом волокне (ОВ), разъёмных и неразъёмных соединителях на РУ, а также в других узлах ЦВОСП.

$$\mathcal{E} = 20 - (-30) = 50, \text{ дБ}$$

Дисперсионные явления в ОВ приводят к расширению во времени спектральных и модовых составляющих сигнала, то есть к различному времени их распространения, что приводит к изменению формы и длительности оптических импульсных сигналов, к их уширению;

- помехи, обусловленные тепловыми шумами резисторов, транзисторов, полупроводниковых диодов, усилителей, шумами источников оптического излучения, шумами из-за отражения оптического излучения от торцевой поверхности ОВ, модовыми шумами из-за интерференции мод,

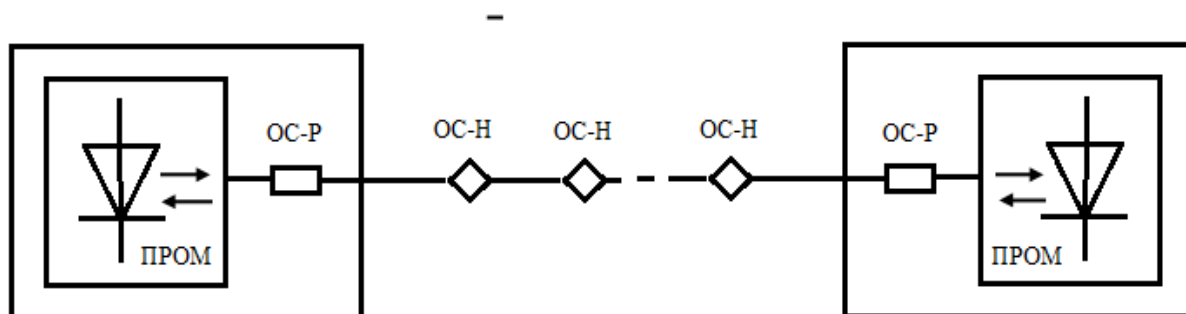
распространяющихся в ОВ; этот вид помех интегрально учитывается как собственные шумы;

- квантовый или фантомный шум, носителем которого является сам оптический сигнал (в силу его малости по сравнению с другими составляющими шумов оптического ЛТ, в проекте его не учитываем и влияние учитывается как влияние дестабилизирующих факторов);

- коэффициент затухания ОВ; α_1 , дБ/км;

- минимально детектируемая мощность (МДМ) $W_{мдм}$, соответствующая минимальному порогу чувствительности приёмного устройства – фотоприёмника ЦВОСП с заданной вероятностью ошибки.

Для определения длины РУ составляется его расчётная схема (рис.4.4).



ОС-Н – оптический соединитель неразъёмный, число которых на единицу меньше числа строительных длин ОК, составляющих РУ;

ОС-Р – оптический соединитель разъёмный (их число на РУ равно 4);

ПРОМ – приёмопередающий оптический модуль, преобразующий оптический сигнал в электрический, восстанавливающий параметры последнего и преобразующий его в оптический;

Рис. 4.4 Расчётная схема РУ ЦВОСП

Длину регенерационного участка найдём по формуле:

$$l_{py} = \frac{\mathcal{E} - q \cdot A_{ocn} - 2A_{ocp} - A_t - A_B}{\alpha_1}, \text{ км} \quad (4.18)$$

Все величины в формуле (3.19) известны, кроме q – числа неразъёмных оптических соединений. Число q на единицу меньше числа строительных длин.

Определим длину РУ $l_{py \text{ макс}}$, считая, что затухание, вносимое неразъёмными соединителями равно нулю. При таком допущении длина РУ определится из выражения:

$$l_{py \text{ макс}} = \frac{\mathcal{E} - 2A_{ocp} - A_t - A_B}{\alpha_1}, \text{ км} \quad (4.19)$$

$$l_{py \text{ макс}} = 50 - 2 \cdot 0,75 - 0,75 - 4 / 0,24 = 182 \text{ км}$$

Теперь зная $l_{py \text{ макс}}$, определим число строительных длин ОК, составляющих РУ по формуле (3.21):

$$q = \text{Ц} \left[\frac{l_{py \text{ макс}}}{l_{стр}} \right] \quad (4.20)$$

где символ Ц означает округление в сторону большего числа.

$$q = 182/3 = 60,6 \approx 61$$

Число неразъёмных оптических соединителей вычисляем по формуле (3.22):

$$q = q - 1 \quad (4.21)$$

$$q = 61 - 1 = 60$$

Затухание, вносимое этими соединителями, равно $q \cdot A_{\text{осн}}$. Следовательно, длина РУ должна быть уменьшена на величину

$$\Delta l = \frac{q \cdot A_{\text{осн}}}{\alpha_1}, \text{ км} \quad (4.22)$$

$$\Delta l = 60 \cdot 0,05 / 0,24 \approx 12 \text{ (км)}$$

С учётом (4.20) - (4.22) длину РУ определим по формуле:

$$l_{\text{ру}} = l_{\text{ру.мах}} - \Delta l, \text{ км}$$

$$l_{\text{ру}} = 182 - 12 = 170 \text{ (км)}$$

Длина рассчитанной трассы $l_{\text{ру}}$, соответствует той длине, которая была выбрана согласно таблице 1.1. Поэтому нет необходимости ставить дополнительные регенерационные пункты.

Затухание на регенерационном участке (РУ) определяется как []:

$$A_{\text{ру}} = 2A_{\text{оср}} + q A_{\text{осн}} + \alpha_1 l_{\text{ру}} + A_t + A_v, \text{ дБ}, \quad (4.23)$$

где $A_{\text{оср}}$ – затухание, вносимое разъёмным оптическим соединителем, равное 0,5дБ (табл.3.1);

q – число неразъёмных оптических соединителей;

$A_{\text{осн}}$ – затухание, вносимое неразъёмным оптическим соединителем равное 0,05 дБ (табл.3.1);

α_1 – коэффициент затухания ОВ, равное 0,24 дБ/км;

$l_{\text{ру}}$ – длина регенерационного участка, км;

A_t – допуски на температурные изменения параметров ЦВОСП, в том числе и ОК, для типовых ВОСП, равные 0,5...1,5 дБ [];

A_v – допуски на ухудшение параметров элементов ЦВОСП со временем (старение, деградация и т.п.), $A_v=2...6$ дБ (зависит от типов источника и приёмника оптического излучения и их комбинаций) [].

Выводы по третьей главе

В третьей главе произведены расчеты:

1. Оптических параметров ОК.
2. Передаточных параметров.
3. Соответствие дисперсии в ОВ на соответствующие нормы.
4. Длина регенерационного участка

которые соответствуют техническим нормам.

ГЛАВА 5 РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ВОЛС

5.1 Надёжность оптической линии передачи

Требуемая быстрота и точность передачи информации средствами электросвязи обеспечиваются высоким качеством работы всех звеньев сети электросвязи: предприятий, линий связи, технических средств. Обобщающим показателем качества работы средств связи является его надёжность.

Надёжностью называется свойство объектов выполнять свои функции с требуемыми показателями качества, определяемыми системой нормативно-технической документации, в заданных условиях работы и в заданное время. Надёжность отражает влияние главным образом внутрисистемных факторов – случайных отказов техники, вызываемых физико-химическими процессами старения аппаратуры, дефектами её изготовления или ошибками обслуживающего персонала.

В данном разделе будут рассмотрены 2 основных показателя надёжности: интенсивность отказов λ и вероятность безотказной работы для заданного интервала времени $P(t)$.

5.2 Расчёт параметров надёжности

Для удобства расчёта показателей составим структурную схему, характеризующую надёжность линии связи. На этой схеме последовательно соединим элементы, которые должны быть работоспособными для сохранения работоспособности всего элемента (рис.5.1). В том случае, если для сохранения работоспособности объекта достаточна работоспособность одного из нескольких элементов, то такие элементы соединим параллельно.

Для работоспособности линии связи все её элементы должны быть работоспособными.



Рис. 5.1 - Схема замещения для расчёта показателей надёжности

И поэтому в эквивалентной схеме надёжности они соединяются последовательно. Если число элементов = n , интенсивность отказов и вероятность безотказной работы элементов составляют соответственно λ_i и $P_i(t)$, то вероятность безотказной работы всей линии:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-\lambda t}, \quad (5.1)$$

$$\text{где } \lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i ; i = 1 \div n$$

Таким образом, трассу можно представить одним эквивалентным элементом с интенсивностью отказов λ :

$$\lambda = \lambda_{\text{орп}} \cdot n_{\text{орп}} + \lambda_{\text{каб}} \cdot L, 1/\text{ч} \quad (5.2)$$

где $\lambda_{\text{орп}}$, $\lambda_{\text{каб}}$ – интенсивность отказов ОРП (ОП), 1 км кабеля соответственно, 1/ч; $n_{\text{орп}}$ – число ОРП; L – длина линии, км.

Данные для расчёта приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Показатели надёжности	ОРП	Кабель, на 1 км
Интенсивность отказов λ , 1/ч	10^{-7}	$5 \cdot 10^{-8}$
Время восстановления повреждения $t_{\text{в}}$, ч	0,5	5,0

Рассчитаем интенсивность отказов по формуле (5.2).

$$\lambda = 10 \cdot 2 + 5 \cdot 10 \cdot 170 = 852 \cdot 10, (1/\text{ч}).$$

Рассчитаем среднее время восстановления связи:

$$T_{\text{в}} = \frac{(\lambda_{\text{ОРП}} \cdot n_{\text{ОРП}} \cdot t_{\text{ВОРП}} + \lambda_{\text{КАБ}} \cdot L \cdot t_{\text{ВКАБ}})}{\lambda}, \text{ ч},$$

где $t_{\text{в орп}}$, $t_{\text{в каб}}$ – время восстановления повреждения ОРП (ОП), ОК,

соответственно, ч.

$$T_B = \frac{(10^{-7} \cdot 6 \cdot 0,5 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 255 \cdot 5)}{13,35^{-6}} = 4,8 \text{ (ч)}.$$

Зная среднее время восстановления связи, можем найти интенсивность восстановления связи:

$$\mu = \frac{1}{T_B}, \text{ 1/ч,} \quad (5.3)$$

где T_B – среднее время восстановления связи, ч.

$$\mu = \frac{1}{4,8} = 0,21, \text{ (1/ч)}.$$

Вероятность безотказной работы определим по формуле (4.1) для следующих интервалов времени: $t_1 = 1$ час; $t_2 = 1$ месяц = 720 часов; $t_3 = 1$ год = 8640 часов; $t_4 = 10$ лет = 86400 часов. Результаты расчётов занесём в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

Вероятность безотказной работы	Интервал времени t, час				
	0	1	720	8640	86400
P(t)	1	0,999987	0,990434	0,891445	0,316

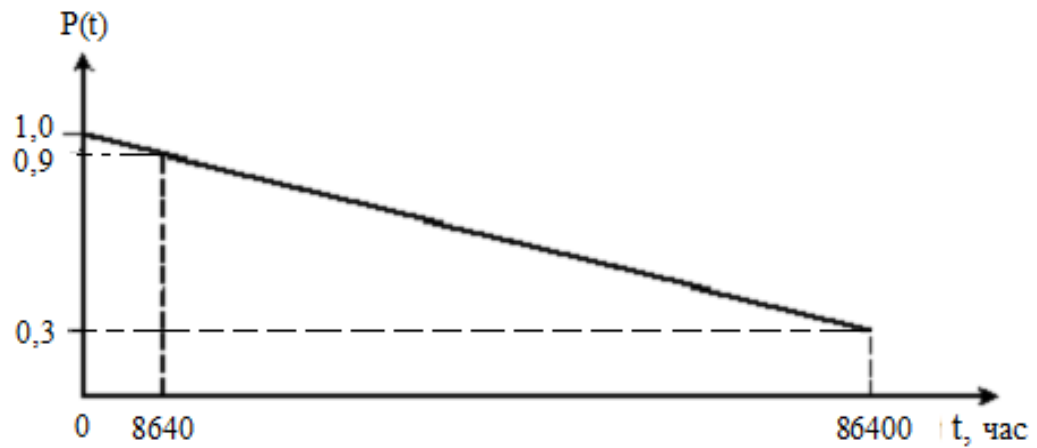


Рис.5.2 - Зависимость вероятности безотказной работы от времени

Выводы по пятой главе

Надежность, это самое необходимое свойство, которое надо всегда поддерживать как во время строительства, так и во время эксплуатации.

Поэтому в пятой главе был произведен расчет надежности кабельной линии, которые удовлетворяют техническим нормам.

ГЛАВА 6 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В данной работе предусматривается прокладка новой ВОЛС. Длина магистрали составляет 170 км.

В данной главе рассмотрим лишь затраты на прокладку, монтаж и измерение ВОК, так как будет использоваться уже рабочее (установленное) оборудование.

6.1 Техничо – экономические показатели строительно – монтажных работ

Произведем ориентировочный, по укрупненным сметам, расчет технико-экономических показателей отдельных строительно – монтажных

работ (СМР). Техничко-экономические показатели включают в себя расчеты стоимости:

- одного километра ОК;
- стоимость муфт;
- прокладка ОК в открытую траншею;
- прокладка ОК кабелеукладчиком;
- монтажа оптических муфт.

6.1.1 Капитальные затраты

Один из важнейших технико-экономических показателей – капитальные вложения. Величина капитальных вложений складывается из затрат на линейные, станционные и гражданские сооружения

Длину кабеля, следует брать больше длины трассы на 2%.

ВЕДОМОСТИ ОБЪЁМА РАБОТ И ПОТРЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таблица 6.1

Наименование материалов	Потребное количество
Протяжённость трассы, км	170
Прокладка кабеля:	
- кабелеукладчиком	168
- в открытую траншею, км	2
Разработка траншей:	
- экскаватором, км	168
- вручную, км	2
Рытьё котлованов, шт.	56
Монтаж прямых муфт, шт.	56

Установка замерных столбов, шт.	44
Монтаж оконечных устройств, шт.	2
Комплекс контрольных измерений	56
Кабель ОМЗКГМ 10-01-0,22-12(7),км	170

Оценка трудоемкости монтажных работ на ВОЛС

Трудоемкость монтажных работ определяется в основном земляными работами при разработке и засыпке котлованов, измерительными работами по контролю за качеством сростков ОВ и непосредственно работами по монтажу соединительных муфт.

Определим трудоемкость основных монтажных работ для одного регенерационного участка. На вновь построенном регенерационном участке ВОЛС при числе строительных длин **К** число соединительных муфт определяют из соотношения $M=(K-1)+2$. Здесь учтены еще две муфты по концам регенерационного участка, соединяющие линейные кабели со стабкабелями, выходящими из унифицированного контейнера необслуживаемого регенерационного герметизированного пункта, в котором располагаются линейные регенераторы.

На регенерационном участке длиной 170 км при строительной длине ОК равной 3,0 км, число муфт определяют из соотношения

$$M = (56 - 1) + 2 = 57$$

Трудоемкость работ по разработке и обратной засыпке котлованов, производимых двумя землекопами 1- и 2-го разрядов, определяют по формуле

$$T_{p.z} = 29 \cdot 13 = 377 \text{ чел./дней.}$$

Трудоемкость монтажных и измерительных работ определяют по дан-

ным T_K на монтаж соединительных муфт ОК. Для звена из двух человек (по одному спайщику 6 и 4-го разрядов)

$$T_M = 31 \cdot 13 = 403 \text{ чел./дней};$$

Трудоемкость измерительных работ

$$T_{\text{изм}} = 31 \cdot 13 = 403 \text{ чел./дней.}$$

Далее определяют суммарную продолжительность основных работ по монтажу соединительных муфт ОК:

При этом, из-за неосвоенные технологии монтажных работ на строительстве ВОЛС, коэффициент, учитывающий непредвиденные и неучтенные работы при измерительно-монтажных работах, следует брать в пределах 2,3. По этой же причине коэффициент роста производительности труда спайщиков и измерителей в первые строительные сезоны следует, не более единицы. Для землекопов этот коэффициент за счет применения средств малой механизации может достигать до 1,2.

Путем пропорциональных вычислений определяем стоимость необходимых технико-экономических показателей, в соответствии с [16] и [17] и расчеты сведем в сводную таблицу 6.2.

Сводная ресурсная смета
Линейные сооружения
Строительно-монтажные работы

Таблица 6.2

№	Наименование материала и конструкций	Единица измерения	Кол-во	Стоимость текущих работ	
				единицы	всего
1	Кабель ОМЗКГМ	км	170	3176274	546319128

	10-01-0,22-12(7)				
2	Стоимость муфт	шт.	57	89700	5112900
3	Прокладка кабеля	км.	170	653362,65	112378375,8
4	Прокладка сигнальной ленты	км.	170	3366863,34	579100494,48
5	Муфты прямые с учетом измерений в процессе монта- жа	шт.	56	429187,68	24034510,08
6	Измерение 18- волоконно- оптического кабе- ля на кабельной площадке	кабель	56	48409,01	2759313,57
7	Измерение 18- волоконно- оптического кабе- ля в процессе про- кладки	Кабель	56	35562,71	2027074,47
8	Измерение затуха- ния на смонтиро- ванном участке в 2-х направлениях	кабель	1	750640,62	750640,62
9	Установка замер- ных столбиков	шт.	44	891801,51	39239266,44
	Итого				1311721703,46
	Прочие расходы подрядчика 20 %				262344340,7

	Итого				1574066044,152
	НДС 20 %				314813208,83
	Всего				1888879252,98

ГЛАВА 7 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

7.1 Охрана труда и окружающей среды

Все работники, занятые на строительстве кабельной линии связи должны быть обучены методам безопасного ведения работ. На кабельных площадках места, предназначенные для складирования материалов, должны быть выровнены, а в зимнее время очищены ото льда и снега. Горюче-смазочные вещества следует хранить в специальных огнестойких помещениях. Запрещается держать на складе бензин и другие, легко воспламеняющиеся вещества в открытых сосудах. Перед началом работ на особо опасных участках производится соответствующий инструктаж по технике безопасности. До начала работ необходимо тщательно проверить наличие и исправность инструмента, защитных средств, предохранительных приспособлений, лестниц, стремянок и т. п. Защитные диэлектрические средства должны проверяться в установленные специальными правилами сроки. Паяльные лампы следует

разжигать на поверхности земли на расстоянии не менее 2 метров от колодца котлована. К спаянным работам допускаются лица не моложе 18 лет. Особое внимание должно быть уделено выполнению требований по безопасному обращению с паяльными лампами и газовыми горелками [15].

Погрузочно-разгрузочные работы производятся, как правило, механизированным способом – с помощью кранов, автопогрузчиков, блоков и т. п. Механизированный способ является обязательным для грузов массой более 60 кг, а также при подъеме грузов на высоту более 3 м. Подростки до 16 лет к переноске тяжестей не допускаются.

Все работы, связанные с измерениями на линии, должны производиться двумя лицами, одно из которых является ответственным за технику безопасности. При испытаниях электрической прочности изоляции у дальнего конца кабеля, проложенного в земле, должен находиться третий участник измерений. Во время грозы производить измерения категорически запрещается.

До спуска людей в колодец необходимо убедиться в отсутствии в нём газа. При наличии газа следует тщательно с помощью вентилятора, очистить от него колодец. Курить во всех смотровых устройствах категорически воспрещается. Помимо взрывоопасных газов, таких как светильный, в колодцах может находиться углекислый газ. Проверка наличия газа производится с помощью специальных индикаторов, газоанализаторов.

При производстве работ в подземных смотровых устройствах разрешается пользоваться переносными лампами напряжением не выше 12 В. Трансформаторы, выключатели, аккумуляторы, штепсельные соединения и т.п. должны находиться на поверхности земли.

Одним из видов охраны окружающей среды является рекультивация земель.

Техническая рекультивация земель при строительстве кабельных линейных сооружений заключается в снятии плодородного слоя почвы до начала строительных работ, транспортировке его к месту временного хранения и нанесении на восстанавливаемые земли после окончания строительных ра-

бот.

Рекультивация земель, нарушенных при строительстве, производится в соответствии с проектом, в котором с учётом местных природно-климатических особенностей определяются:

- границы угодий по трассе КЛС, в которых необходимо проведение рекультивации;
- толщина снимаемого плодородного слоя почвы по каждому участку, подлежащему рекультивации;
- ширина зоны рекультивации;
- место расположения отвала для временного хранения снятого плодородного слоя почвы и т.д.

7.2 Техника безопасности при работе с оптическим кабелем

При выполнении работ следует руководствоваться [13]. В дополнение к ним при работе с оптическим кабелем необходимо:

- применять на объектах строительства монтажно-измерительные автомашины, позволяющие монтажникам и измерителям выполнять сложные и утомительные работы {соответствующее освещение, вентиляция воздуха, соблюдение техники безопасности с высоким напряжением для сварки волокон и т. д.);
- в монтажно-измерительной автомашине отходы оптического волокна при разделке (сколе) собирать в отдельный ящик, а после окончания монтажа закапывать в грунт;
- избегать попадания остатков оптического волокна на одежду; работу с оптическим волокном производить в клеенчатом фартуке; монтажный стол и пол в монтажно-измерительной автомашине после каждой смены обрабатывать пылесосом и затем протирать мокрой тряпкой; тряпку отжимать в плотных резиновых перчатках;
- при механизированной прокладке ОК в кабельной канализации обеспечивать надежную служебную связь каждого колодца, в котором находится

вспомогательный персонал;

- при монтаже оптических волокон помнить, что дуговой разряд, возникающий между электродами сварочного устройства, может быть причиной возгорания горючих газов в смотровых устройствах телефонной канализации;

- при работе с преобразователями (например, оптический тестер типа МТС) не допускать прямого попадания в глаза излучения преобразователя или оптического волокна, подключенного к преобразователю;

- чтобы растворители, применяемые при снятии защитного покрытия оптических волокон, имели класс опасности не ниже четвертого;

- чтобы рабочая температура растворителя была ниже температуры их кипения;

- иметь в виду, что растворители могут быть токсичными, огнеопасными и вызывать аллергию;

- работу по разогреву и заливке гидрофобным наполнителем муфт ММОК производить в спецодежде, брезентовых рукавицах и защитных очках;

- разогрев и заливку наполнителя производить в металлической посуде с крышкой, носиком для слива и ручками для переноски.

Выводы по шестой главе

В шестой главе рассмотрены вопросы техники безопасности, которые надо соблюдать при строительстве кабельной линии и монтаже муфт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе, в соответствии с заданием были рассмотрены вопросы организации резервного пути для оптической линии связи на участке «Кунград - Жаслык».

Из двух рассмотренных вариантов, выбран оптимальный путь для резервирования существующей трассы. Произведен расчет передаточных характеристик оптического кабеля (затухание и дисперсия), характеристики которого удовлетворяют полученным расчетным путем значениям дисперсии и затухания. Рассчитан параметр надежности ВОСП, которые также соответствуют рекомендациям.

Так же произведен расчет капитальных затрат и составлена сводная ресурсная смета на строительные-монтажные работы при строительстве новой линии.

Также рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности при строительном-монтажных работах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальная программа реконструкции и развития телекоммуникационной сети связи республики Узбекистан в 1995-2010 гг.
2. Москаленко Ю.С. Агзамов С.А. Элементы проектирования и строительства волоконно-оптических линий связи. Учебное пособие. – Ташкент. ТЭИС. 1995
3. Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи. Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1990.
4. Гроднев И.И., Ларин Ю.Т., Теумин И.И. Оптические кабели. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
5. Ионов А.Д. Волоконно-оптические линии передачи. Учебное пособие.- Новосибирск: СибГУТИ, 1999.
6. Бутусов М.М., С.М. Верник, С.Л. Галкин. Волоконно-оптические системы передачи. Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1992.
7. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. – М.: Эко-Трендз, 1998.
8. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. – М.: Эко-Трендз, 1998.
10. Универсальный широкополосный узловой мультиплексор. Spectral Wave. Руководство для пользователя. NEC Corporation. Том 1,2. 2009 г.
11. Павлов И.П., Снегов А.Д. Волоконно-оптические системы передачи со спектральным разделением. Часть 1. Принципы построения аппаратуры: Учебное пособие / МТУСИ.-М., 2003.- 31 с.

12. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов. Белов С.В. 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1999
13. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов / С.В. Белов, А.И. Ильицкая и др.; под общ. ред. С.В. Белова. 2-е изд.–М.: Высш.шк., 1999
14. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности): Москва: НЦ ЭНАС, 2001..
15. Правилами техники безопасности при работах на кабельных линиях связи и проводного вещания. Ташкент. ЦНИИС, 1995 г.
16. Постановлением Кабинета Министров № 261 «О переходе на договорные текущие цены при реализации инвестиционных проектов». Ташкент. ЦНИИС, 1995 г
17. Постановление Кабинета Министров №226 «О внесении изменений в некоторые решения Правительства Республики Узбекистан». Ташкент. ЦНИИС, 1995 г
18. Правила стоимости строительства в договорных ценах ЩНК 4. 01. 16-09.
19. Атлас автомобильных дорог. Ташкент. ГКЗГК., 2004 г.

20. <http://www.RusOptika.ru/>
21. <http://www.Alcatel.ru/>
22. <http://www.Google.com>