Федеральное агентство связи хабаровский институт

Инфокоммуникаций (филиал) федерального

государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Сибирский

государственный университет телекоммуникаций и информатики»

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**по дисциплине: “Направляющие среды в сетях электросвязи и методы их защиты”**

**ТЕМА: Проектирование волоконно-оптической линии связи**

Выполнил: \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

Специальность: ЗСС

Шифр: \*\*\*\*\*\*

Курс: 3

Проверил: Прокопцев В.О.

Хабаровск 2023

**ВВЕДЕНИЕ**

Развитие телекоммуникационных сетей во всем мире в первую очередь основывается на использовании волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). На сегодняшний день в России на сетях связи различного назначения проложено более 700000 км оптических кабелей связи.

Оптический кабель (ОК), основой которого являются оптические волокна (ОВ), считается в настоящее время самой совершенной направляющей системой как для телекоммуникационных магистралей большой протяженности, так и для локальных сетей передачи данных. Объясняется это тем, что ОК по своим характеристикам значительно превосходят электрические кабели.

Достоинства ВОЛС: малое затухание и дисперсия сигналов в ОВ позволяют довести длину ретрансляционного участка ВОЛС до 100 км и более. Широкая полоса пропускания дает возможность передавать по одному ОВ поток информации со скоростью в десятки гигабит в секунду. Высокая защищенность от несанкционированного доступа позволяет использовать ОК в системах, где предъявляются повышенные требования к информационной безопасности.

Оптические волокна невосприимчивы к внешним электромагнитным влияниям, так как в многоволоконных ОК не возникает проблемы взаимных помех, присущих электрическим кабелям. При одной и той же пропускной способности электрических кабелей и ОК последние имеют меньшие габариты и массу. ОВ изготавливают из широко распространенных и недорогих материалов (двуокись кремния, полимеры). В настоящее время стоимость кварцевого ОВ не превышает половины стоимости медной пары.

Недостаток современных ВОЛС – высокая стоимость интерфейсного и монтажного оборудования. Однако улучшение конструкции и повышение надежности оптических передатчиков, приемников и пассивных элементов линейного тракта позволяют постоянно снижать стоимость производства волоконно-оптической продукции, а совершенствование технологии монтажа ОК и соединительных элементов, а также упрощение используемого оборудования приводят к существенному уменьшению трудоемкости строительно-монтажных работ.

Началом масштабного применения волоконно-оптических кабелей связи (ВОК) в России следует считать реализацию крупнейшим оператором связи России – ОАО «Ростелеком» – проекта трансроссийской линии связи, национальной цифровой транспортной линии международной и междугородной оптической связи. С 1996 г. развитие магистральной и внутризоновых сетей ведется с применением ВОК, на этих сетях практически полностью прекратилось применение медножильных кабелей связи при новом строительстве.

На начальном этапе внедрения ВОК их поставки осуществлялись зарубежными компаниями, российские кабельные заводы не могли составить им конкуренцию. К 2000 г. ситуация изменилась уже в пользу российских предприятий.

Дальнейшее развитие ВОЛС, по мнению специалистов, будет заключаться в разработке и внедрении в сетях Единой сети электросвязи РФ различного назначения новых волоконно-оптических технологий, направленных на повышение эффективности ВОЛС. На линиях дальней связи основное внимание по-прежнему будет уделяться повышению скорости передачи информации, увеличению длины регенерационных участков и повышению надежности. Широкое распространение получат промежуточные оптические усилители и методы волнового (спектрального) мультиплексирования. Большие надежды возлагаются на использование среднего инфракрасного диапазона. Применение новых материалов (флористых стекол и других соединений) позволило изготовить ОК с затуханием не более 0,01 дБ/км.

Доминирующей особенностью развития волоконно-оптических технологий в местных и локальных сетях будет подключение ОВ к конечному пользователю сети (абоненту). Рост потребности в новых видах информационного обслуживания абонентов, а также совершенствование и постоянное снижение стоимости аппаратуры и средств коммутационной техники готовят окончательный переход сетей доступа на ОВ. Ведущая роль в этом процессе принадлежит сети Internet.

Сегодня и в ближайшей перспективе нет альтернативы ВОЛС. Должна быть создана необходимая нормативная база, позволяющая строить и эффективно эксплуатировать надежные оптические линии передачи, а также выработаны стратегии преобразования сетей доступа, сельских сетей и стратегия развития подводных кабельных линий связи.

**1 ВЫБОР ТРАССЫ ПРОКЛАДКИ ОК**

Выбор трассы ВОЛП осуществляется в первую очередь исходя из географического расположения населенных пунктов, между которыми должна быть обеспечена связь. Обычно рассматривается насколько вариантов трассы (в основном вдоль автомобильных и железных дорог) и на основе технико-экономического сравнения выбирается оптимальный.

Узлами проектируемой ВОЛП будут являться следующие населенные пункты: г. Новосибирск и г. Карасук, между ними районные центры.

В связи с высокими требованиями к помехозащищенности и скорости передачи информации на сетях связи, предлагается на участке Новосибирск - Карасук осуществить строительство ВОЛП с требуемыми параметрами. Оптический кабель, являясь направляющей системой ВОЛС, обладает рядом преимуществ по сравнению с обычными металлическими кабелями связи:

- высокая помехозащищенность к внешним электромагнитным полям, практическое отсутствие переходных помех между отдельными волокнами, уложенными в кабель;

- большая широкополосность;

- малое значение коэффициента затухания в широкой полосе частот, что позволяет использовать большие длины регенерационных участков;

- малые габариты и масса, что облегчает прокладку кабеля;

- вследствие отсутствия короткого замыкания волоконные световоды могут быть использованы для пересечения опасных зон с горючими и легко воспламеняющимися средами;

- большая строительная длина оптического кабеля, обуславливающая значительное уменьшение соединений, что увеличивает надежность магистрали;

- потенциально низкая стоимость одного каналокилометра.

Для того чтобы спроектировать высокоскоростную линию передачи необходимо решить задачу выбора топологии сети. Эта задача может быть решена достаточно легко, если знать возможный набор стандартных базовых топологий, из которых может быть составлена топология сети в целом. Рассмотрим базовые топологии и их особенности.

Топология «точка-точка» является наиболее простым примером базовой топологии SDH. Она может быть реализована с помощью терминальных мультиплексоров (ТМ), как по схеме без резервного канала приёма/передачи, так и по схеме со стопроцентным резервированием типа 1+1, использующей основной и резервный электрический или оптический агрегатные выходы. При выходе из строя основного канала сеть автоматически переходит на резервный. Эта топология широко используется при передаче больших потоков данных по высокоскоростным магистральным каналам.

Топология «последовательная линейная цепь» используется, когда интенсивность трафика в сети не так велика и существует необходимость ответвлений в ряде точек на линии. Она реализуется с использованием как терминальных мультиплексоров на обоих концах, так и мультиплексоров ввода/вывода (ADM) в точках ответвления. Эта топология напоминает последовательную линейную цепь, где каждый мультиплексор ввода/вывода является отдельным её звеном. Она может быть представлена либо в виде последовательной линейной цепи без резервирования, либо более сложной цепью с резервированием типа 1+1.

Топология «звезда» реализует функцию концентратора. В этой топологии один из удалённых узлов сети, связанный с центром коммутации или узлом сети SDH на центральном кольце, играет роль концентратора, где часть трафика может быть выведена на терминалы пользователей, тогда как оставшаяся его часть может быть распределена по другим удалённым узлам. Иногда такую схему называют оптическим концентратором, если на его входы подаются частично заполненные потоки уровня STM-N, а на его выход поступает STM-N. Эта топология напоминает топологию «звезда».

Топология «кольцо» широко используется для построения SDH сетей первых двух уровней SDH-иерархии. Основное преимущество – лёгкость организации защиты типа 1+1, благодаря наличию в мультиплексоре двух отдельных оптических агрегатных входов/выходов. При этом может быть организована защита трафика путем дублирования передачи информационных потоков по встроенным направлениям в различных кольцах. Подключения в кольце позволяют локализовать поврежденные участки линии или мультиплексоры.

В данном проекте используется сеть достаточно большой протяженности с организацией выделения каналов, поэтому целесообразно применить топологию «последовательная линейная цепь» с использованием ADM-мультиплексора для выделения, восстановления (регенерации) затухающего оптического сигнала. Для уменьшения возможных влияний нарушения передачи будем использовать резервирование 1+1 – в узле приема сигналы анализируются, и выбирается тот, который имеет наилучшее значение параметров.

Ситуационная схема трассы прокладки ОК представлен на рисунке 1.1.

**2 ВЫБОР СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

2.1 Расчет требуемого количества каналов

Число каналов, связывающих заданные оконечные пункты, в основном зависит от численности населения в этих пунктах и от степени заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязи.

Численность населения в любом областном центре и в области в целом может быть определена на основании статистических данных последней переписи населения в РФ. Обычно перепись населения осуществляется один раз в пять лет. Поэтому при перспективном проектировании следует учесть прирост населения. Количество населения в заданном пункте и его окрестностях с учетом среднего прироста населения можно определить по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| , чел., |  |

где  - народонаселение в период переписи населения, чел.;

*p* - средний годовой прирост населения в данной местности, % (принимается по данным переписи 2-3%);

*t* - период, определяемый как разность между назначенным перспективного проектирования и годом проведения переписи населения.

Год перспективного проектирования принимается на 5-10 лет вперед по сравнению с текущим временем. В проекте примем это значение по минимуму. Следовательно,

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

где  - год составления проекта;

 - год, к которому относятся данные .

Степень заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязи зависит от политических, экономических, культурных и социально-бытовых отношений между группами населения, районами и областями. Взаимосвязь между заданными оконечными и промежуточными пунктами определяется на основании статистических данных, полученных предприятием связи за предыдущие годы. Практически эти взаимосвязи выражают через коэффициент тяготения *f1*, который колеблется в широких пределах (от 0,1% до 20%).

Учитывая это, а так же то обстоятельство, что телефонные каналы в междугородней связи имеют превалирующее значение, необходимо определить сначала количество телефонных каналов между заданными оконечными пунктами. Для расчета телефонных каналов используют приближенную формулу:

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

где  и  - постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям; обычно потери задаются 5%, тогда ; ;

 - коэффициент тяготения, ;

 - удельная нагрузка, т.е. средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом, Эрл;

 и  - количество абонентов, обслуживаемых оконечными станциями АМТС соответственно в пунктах А и Б.

В перспективе количество абонентов, обслуживаемых той или иной оконечной АМТС, определяется в зависимости от численности населения, проживающего в зоне обслуживания. Принимая средний коэффициент оснащенности населения телефонными аппаратами равным 0,5, количество абонентов АМТС:

|  |  |
| --- | --- |
| *m = 0,5Ht* |  |

Таким образом, можно рассчитать число каналов для телефонной связи между заданными оконечными пунктами, но по кабельной магистрали организуют каналы и других видов связи. Поскольку число каналов для организации связи различного назначения может быть выражено через число телефонных каналов ТЧ, то целесообразно общее число каналов между заданными пунктами выразить через телефонные каналы. Тогда общее число каналов можно рассчитать по упрощенной формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

где  - число двусторонних телефонных каналов.

Емкость кабеля и система передачи выбираются исходя из необходимого числа телефонных каналов.

Тип кабеля и система передачи выбираются так, чтобы при соблюдении необходимых качественных показателей проектируемая линия была наиболее экономичной как по капитальным затратам, так и по эксплуатационным расходам.

Система связи по оптическому кабелю предусматривает передачу информации по одному оптическому волокну, а прием по другому, что эквивалентно четырехпроводной однокабельной схеме организации связи. В обоих направлениях сигналы передаются на одной и той же длине волны.

В ВОСП применяется, как правило, цифровая импульсная передача. Используя модуляцию интенсивности излучения света проще использовать цифровые системы передачи.

В настоящее время выпускается достаточно много ВОСП как отечественных, так и зарубежных. Наибольший интерес представляет аппаратура SDH, на архитектуре которой следует остановить выбор в данном проекте в силу ряда преимуществ данной системы.

В проекте необходимо выбрать ВОСП и емкость оптического кабеля исходя из рассчитанного числа каналов, которое следует пересчитать в первичные цифровые потоки (ПЦП) по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

где  - число ПЦП.

По рассчитанному количеству ПЦП выбирается оптический стык, при этом оптический стык STM-1 обеспечивает передачу 63 ПЦП, STM-4 – 252 ПЦП, STM-16 – 1008 ПЦП.

Для расчета необходимого количества каналов потребуются следующие данные:

- год составления проекта (=2018);

- год, к которому относятся данные  (=2013);

- пункты, в которых необходимо выделение каналов, следовательно, численность населения в данных точках.

Данные по численности населения приведены ниже в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Данные о численности населения в точках выделения каналов

|  |  |
| --- | --- |
| Пункт выделения каналов | Численность населения, тыс.чел. (*H0*) |
| г. Новосибирск | 1511 |
| Ордынский район (с. Новый Шарап) | 1,4 |
| Кочковский район (с. Жуланка) | 1,2 |
| Краснозерский район (пгт. Краснозерск) | 9,216 |
| Карасукский район (г. Карасук) | 27,196 |

Для расчета количества потоков между районами Сахалинской области зададим коэффициент тяготения =20%, коэффициент прироста населения =1%

Таким образом, получим нижеприведенный расчет:

t=5+(tm-t0)=5+(2018-2013)=10 лет;

= 1511000= 1669084 , чел.;

= 1400= 1546 , чел.;

= 1200= 1325 , чел.;

= 9216= 10180 , чел.;

= 27196= 30041 , чел.;

Количество абонентов в зоне АМТС Новосибирской области:

ma = 0.5Hнов = 0,5 ∙ 1669084 = 834542 , чел.;

Количество абонентов в зоне АМТС Ордынский район (с. Новый Шарап

mб = 0.5Hшар = 0,5 ∙ 1546 = 773 , чел.;

Количество абонентов в зоне АМТС Кочковский район (с. Жуланка):

mб = 0.5Hжул = 0,5 ∙ 1325 = 663 , чел.;

Количество абонентов в зоне АМТС Краснозерский район (пгт. Краснозерск):

mб = 0.5Hкрасн = 0,5 ∙ 10180 = 5090 , чел.;

Количество абонентов в зоне АМТС Карасукский район (г. Карасук):

mб = 0.5Hкарас = 0,5 ∙ 30041 = 15021 , чел.;

Количество каналов на участке Новосибирск – Новый Шарап:



=1,3 ∙ 0,2 ∙ 0,05 ∙ [(834542 ∙ 773)/( 834542 + 773)] + 5,6 = 15 каналов

Количество каналов на участке Новосибирск – Жуланка:



=1,3 ∙ 0,2 ∙ 0,05 ∙ [(834542 ∙ 663)/( 834542 + 663)] + 5,6 = 14 каналов

Количество каналов на участке Новосибирск – Краснозерск:



=1,3 ∙ 0,2 ∙ 0,05 ∙ [(834542 ∙ 5090)/( 834542 + 5090)] + 5,6 = 72 каналов

Количество каналов на участке Новосибирск – Карасук:



=1,3 ∙ 0,2 ∙ 0,05 ∙ [(834542 ∙ 15021)/( 834542 + 15021)] + 5,6 = 197 каналов

Следовательно

nоб = 2nтф = 2 ∙ 15 = 30 (Новосибирск – Новый Шарап)

nоб = 2nтф = 2 ∙ 14 = 28 (Новосибирск – Жуланка)

nоб = 2nтф = 2 ∙ 72 = 144 (Новосибирск – Краснозерск)

nоб = 2nтф = 2 ∙ 197 = 396 (Новосибирск – Карасук)

Рассчитаем емкость оптического кабеля исходя из рассчитанного числа каналов, которое следует пересчитать в первичные цифровые потоки (ПЦП) по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

Таблица 2.2 – Результаты расчета количества выделяемых потоков

|  |  |
| --- | --- |
| Связываемые пункты | Количество первичных потоков, ПЦП |
| Новосибирск – Новый Шарап | 2 |
| Новосибирск – Жуланка | 2 |
| Новосибирск – Краснозерск | 6 |
| Новосибирск – Карасук | 14 |

В итоге, для организации качественной связи между районными центрами потребуется 24 ПЦП.

Исходя из приведенных результатов расчета видно, что для организации проектируемой линии связи достаточно оборудования уровня STM-1 (даже с перспективой расширения).

Технические данные STM-1 приведены в таблице 2.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Значение параметров | | | | | | | | | |
| Номинальная ско-рость передачи битов, кбит/с | 155520 | | | | | | | | | |
| Рабочий диапазон длин волн, нм | 1260 - 1360 | | 1261-1360 | 1430-1576 | 1430-1580 | 1280 - 1335 | | 1480-1580 | 1530-1566/  1523-1577 | 1480-1580 |
| Передающее уст-ройство в эталонной точке Пд  Тип источника  Спектральные характеристики:  Среднеквадратичная ширина,  не более, нм  Уровень излучаемой мощности:  максимальный, дБм  минимальный, дБм  Коэффициент гашения, не менее, дБ  Диапазон перекрываемого затухания, дБ  Суммарная дисперсия, не более, пс/нм | МЛД  40  -8  -15  8,2  0–7  18 | СИД  80  -8  -15  8,2  0–7  25 | МЛД  7,7  -8  -15  8,2  0–12  96 | МЛД  2,5  -8  -15  8,2  0–12  296 | ОЛД  -  -8  -15  8,2  0–12  НП | МЛД  4  0  -5  10  10–28  185 | ОЛД  -  0  -5  10  10–28  НП | ОЛД  -  0  -5  10  10–28  НП | МЛД  3/2,5  0  -5  10  10–28  185/  296 | ОЛД  -  0  -5  10  10–28  НП |
| Продолжение таблицы 2.3 | | | | | | | | | | |
| Приемное устрой-ство в эталонной  точке Пр    Уровень чувст-вительности, не более, дБм  Уровень перегрузки, не менее, дБм  Дополнительные  потери оптического тракта, дБ | -23  -8  1 | -23  -8  1 | -28  -8  1 | -28  -8  1 | -28  -8  1 | -34  -10  1 | -34  -10  1 | -34  -10  1 | -34  -10  1 | -34  -10  1 |

Организацию связи Новосибирск – Карасук необходимо осуществить с применением оборудования SDH. На телекоммуникационном рынке представлено оборудование известных иностранных фирм-производителей аппаратуры SDH, таких как Siemens, Alcatel, Huawei, Ericsson, Philips, NEC, Nortel, ECI, Nokia, Marconi, Fujitsu и др.

Все разнообразие оборудования SDH можно представить в виде пяти групп:

- синхронные мультиплексоры – SMUX или SM;

- оборудование линейных трактов – SL;

- синхронные кросс-коммутаторы – SXC;

- синхронные радиорелейные линии (РРЛ) – SR;

- системы управления оборудованием SDH.

Из указанного оборудования наиболее широко используются синхронные мультиплексоры, которые применяются и как кросс-коммутаторы и как линейные регенераторы.

Объектами защиты информации являются: информационные ресурсы; программные ресурсы и физические ресурсы.

В последнее время проводятся интенсивные работы по созданию ВОЛС, обеспечивающих защиту передаваемой информации от несанкционированного доступа (НСД). Можно выделить три основных направления этих работ:

- разработка технических средств защиты от НСД к информационным сигналам, передаваемым по ОВ;

- разработка технических средств контроля НСД к информационному сигналу, передаваемому по ОВ;

- разработка технических средств защиты информации, передаваемой по ОВ, реализующих принципы маскировки, добавления помех, оптической и квантовой криптографии.

Для криптографической защиты следует выбрать средства, которые не вносят существенных временных задержек при криптографическом преобразовании передаваемой/принимаемой информации и обеспечивают шифрование/расшифровку для всего диапазона скоростей передачи данных. В качестве таких средств были выбраны устройства SafeEnterprise SONET Encryptor компании SafeNet. Внешний вид указанного оборудования представлен в приложении А. Оно осуществляет шифрование всего трафика SDH на канальном уровне на скорости от 0,155 до 2,5 Гбит/с.

Шифратор волоконно-оптических линий связи SafeNet SONET Encryptor является специализированным аппаратным решением для защиты коммуникаций по линиям связи стандартов SONET/SDH с пропускной способностью до 10 Гбит/с. Решение прозрачно для существующей сетевой инфраструктуры и легко в неё интегрируется, шифруя трафик на номинальной скорости канала.

Предельно низкая задержка фрэймов при шифровании делает шифраторы серии SafeNet

SONET Encryptor идеальным решением для приложений, работающих в режиме реального времени и требующих моментальной передачи данных, например, при передаче голоса, видео, а также для обычного сетевого и Интернет-трафика.

Способность шифровать потоки по протоколу SONET/SDH на скоростях до 10 Гбит/с делают данный продукт уникальным на российском рынке.

Возможности SafeNet SONET Encryptor:

- шифрование на полной скорости до 10 Гбит/с;

- первые коммерчески-доступные шифраторы ВОЛС OC48/STM16 и OC192/STM64;

- полностью автоматизированное управление ключами на основе сертификатов X.509;

- шифрование линии или пути SONET/SDH.

В ходе анализа рынка основных производителей оборудования для шифрования оптических магистралей необходимо обратить внимание на то, что SafeNet SONET Encryptor является единственным решением на российском рынке для шифрования магистральных каналов ВОЛП.

Данное оборудование обладает сохранностью пропускной способности до 100 % и минимальной добавленной латентностью.

Внешний вид оборудования SafeEnterprise SONET Encryptor представлен на рисунке 5.

Основные технические характеристики SafeNet SONET Encryptor представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технические характеристики SafeNet SONET Encryptor

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика | Параметры |
| Пропускная способность | OC192/STM64 (10 Гбит/с)  OC48/STM16 (2,5 Гбит/с)  OC12/STM4 (622 Мбит/с)  OC3/STM1 (155 Мбит/с) |
| Криптография | Шифрование линии или пути SONET/SDH  Автоматическая ресинхронизация за менее чем 10 мс  Шифрование AES-256 |
| Управление ключами | Обмен ключами ATM Forum Security Specification V1.1  RSA-2048  Автоматическое обновление ключей |
| Производительность | Постоянная некумулятивная задержка не более 10 мс  Полнодуплексное шифрование на всех скоростях |



Рисунок 5 – Внешний вид оборудования SafeEnterprise SONET Encryptor

**3 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА И ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАЧИ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ**

3.1 Расчет показателей преломления ОВ

При оценке показателя преломления стекол необходимо учитывать его зависимость от длины волны, т.е. спектральную зависимость, которая для диапазона длин волн 0,6-2 мкм характеризуется трехчленной формулой Селмейера:



где *А*i и *I*i (i=1,2,3) - коэффициенты, значения которых находятся экспериментально;

λ - длина волны (λ = 1,31), мкм.

Для изготовления световодов применяют кварцевые стекла с добавками окиси германия, фосфора, повышающими показатель преломления кварца, и добавками окиси бора, фтора, понижающими показатель преломления стекла. Значения коэффициентов *Аi и Ii* для стекол различных составов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Значения коэффициентов Ai и Ii для стекол различных составов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Состав  стекла | Тип  коэффициента | Значение коэффициента при i , равном | | |
| 1 | 2 | 3 |
| SiO2 | Ai  Ii | 0,6961663  0,06874043 | 0,4079426  0,1162414 | 0,8974794  9,896161 |
| 13,5%GeO2  86,5% SiO2 | Ai  Ii | 0,73454395  0,08697693 | 0,42710828  0,11195191 | 0,82103399  10,846540 |
| 9,1%GeO2  7,7%B2O3  83,2%SiO2 | Ai  Ii | 0,72393884  0,085826532 | 0,41129541  0,10705260 | 0,79292034  9,3772959 |
| Продолжение таблицы 3.1 | | | | |
| 13,5%Be2O3  86,5% SiO2 | Ai  Ii | 0,67626834  0,076053015 | 0,42213113  0,11329618 | 0,58339770  7,8486094 |
| 3,5%GeO2  96,5% SiO2 | Ai  Ii | 0,7042038  0,0514415 | 0,4160032  0,12916 | 0,9074049  9,896156 |
| 3,3% GeO2  9,2% B2O3  87,5% SiO2 | Ai  Ii | 0,6958807  0,0665654 | 0,4076588  0,1211422 | 0,9401093  9,896140 |
| SiO2 (с гасящими  добавками) | Ai  Ii | 0,696750  0,069066 | 0,408218  0,115662 | 0,890815  9,900559 |
| 9,1% P2O5  90,9% SiO2 | Ai  Ii | 0,695750  0,061568 | 0,452497  0,119921 | 0,712513  8,656641 |
| 1,0% F  99,0%SiO2 | Ai  Ii | 0,691116  0,068227 | 0,399166  0,116460 | 0,890423  9,993707 |
| 16,9%NaO2  35,5%B2O3  50,6% SiO2 | Ai  Ii | 0,796468  0,094359 | 0,497614  0,093386 | 0,358924  5,999652 |
| 3,0% Be2O3  97,0% SiO2 | Ai  Ii | 0,6935408  0,0717021 | 0,4052977  0,1256396 | 0,9111432  9,896154 |

При определении показателя преломления основных компонентов волоконного световода, необходимо учитывать, что в качестве материала светоотражающей оболочки, как правило, применяется чистое кварцевое стекло (SiO2), а для изготовления сердечника- легированный кварц.

Материал светоотражающей оболочки (SiO2) определяем по формуле:

n2(1.31) =

Материал сердечника 3,5% GeO2 96,5% SiO2:

n2(1.31) =

Оптические свойства выбранных материалов сердечника и оболочки должны обеспечивать одномодовый режим работы волоконного световода. Для этого необходимо рассчитать значение нормированной (характеристической) частоты:

,

где α – радиус сердечника световода (α = 4,5), мкм;

λ – длина волны, мкм;

n1 – показатель преломления сердечника;

n2 – показатель преломления оболочки.

Если нормированная частота *V* < 2,405, то в световоде распространяется лишь один тип волны, и компоненты волоконного световода выбраны правильно.

Если *V* ≥ 2,405, то в световоде устанавливается многомодовый режим работы.

.

3.2 Расчет требуемых параметров передачи

Важной характеристикой световода является числовая апертура *NA* (Numerical Aperture), которая представляет собой синус от апертурного угла (φ*m*).

Апертурный угол - это угол между оптической осью и одной из образующих оптического конуса, воздействующего на торец световода.

Числовая апертура рассчитывается по формуле:

,

где - относительная разность показателей преломления.

Для современных одномодовых волокон Δ должно быть в пределах 0,003÷0,005.

От значения *NA* зависят эффективность ввода излучения лазера в световод, потери на микроизгибах, дисперсия импульсов, число распространяющихся мод.

Чем больше у волокон Δ, тем больше *NA*, тем легче осуществлять ввод излучения от источников света в световод.

NA = = 0,152.

Расчет ослабления сигнала выполняется по одной и той же схеме: исхода из собственных потерь (αс) и дополнительных потерь, называемых кабельными (αк), обусловленными деформацией и изгибами световодов при наложении покрытий и защитных оболочек в процессе изготовления кабеля, т.е.



Собственные потери в ОВ состоят из потерь поглощения (αп) и потерь рассеяния (αр):

αс=αп+αр

Под кабельными потерями понимают потери энергии на макроизгибах и микроизгибах:

αк=αmacro+αmicro

Таким образом, полные потери в волоконном световоде составят:

α=αп+αр+=αmacro+αmicro

Затухание в результате поглощения связано с потерями на диэлектрическую поляризацию и существенно зависит от свойств материала световода.

дБ/км,

где  - показатель преломления сердцевины;

 - длина волны, мкм;

tgδ - тангенс угла диэлектрических потерь световода, равный .

Величина  определяется по формуле:





где  - коэффициент сжимаемости, м2/н;

К - коэффициент Больцмана, К=1,38Дж/К;

Т - температура перехода стекла в твердую фазу, Т=15000 К;

 - показатель преломления сердцевины;

 - длина волны, м.

Потери на макроизгибах обусловлены скруткой волоконных световодов по геликоиде вдоль всего оптического кабеля и для ступенчатых стекловолокон рассчитываются по формуле:



где *а* – радиус сердечника, мкм;

Δ – относительная разность показателей преломления;

*d* – диаметр скрутки, *d* = 7,8 мм;

*s* – шаг скрутки, мм.

Отношение s/d называется параметром устойчивости скрутки, который в оптических кабелях находится в пределах 12 – 30, принимаем s/d = 30.

Дополнительное затухание за счет излучения при микроизгибах для одномодовых световодов рассчитывается по формуле:



где *k* – коэффициент, зависящий от длины и амплитуды микроизгибов, *k* = 10 – 15,

*а* – радиус сердечника стекловолокна, мкм;

*b* – диаметр оболочки, равный 125мкм;

λ – длина волны, мкм;

ω0 – радиус поля моды, мкм.

,

, дБ/км

Таким образом, полные потери в ОВ рассчитаем по формуле:

α= 0,104 + 0,1148 + 0,043 + 0,02122 = 0,28302, дБ/км

В ОВ при передаче импульсов после прохождения некоторого расстояния импульсы искажаются, расширяются и наступает момент, когда соседние импульсы перекрывают друг друга. Данное явление носит название дисперсии.

Дисперсия возникает по двум причинам:

1) некогерентность источника излучения и появления спектра Δλ;

2) существование большого числа мод.

Первая называется хроматической дисперсией, в составе которой различают материальную и волноводную. Материальная дисперсия обусловлена зависимостью коэффициента преломления материала световода от длины волны.

Второй вид дисперсии – модовая, которая в одномодовых ОВ отсутствует полностью.

Произведем расчет материальной и волноводной дисперсии по формулам:





где М(λ) – удельная дисперсия материала;

В(λ) – удельная волновая дисперсия;

- ширина спектра источника излучения.

Согласно техническим данным на аппаратуру системы передачи величина ширины спектра источника излучения Δ = 0,1 для оборудования организации потоков STM-1.

В многомодовом оптическом волокне результирующая дисперсия определяется по формуле:



Значение удельных материальной и волноводной дисперсий можно определить по графику, представленному на рисунке 3. На длине волны 1,31 мкм они равны M(λ)=-6, B(λ)=9.

Определим результирующее значение дисперсии:

τ=0,1\*(9+(-6)) = 0,3\*10-12

Для более точного расчета рекомендуется учитывать в расчетах справочные (паспортные) значение удельной хроматической дисперсии , которые для ОВ, соответствующего рекомендации G.652 имеет значения для следующих длин волн:



Рисунок 3 – Удельное значение дисперсии при различных длинах волн:

– волноводная, – материальная.

Вывод: величина результирующей дисперсии зависит от ширины спектра излучения источника и может повлиять на величину длины регенерационного участка при дальнейшем расчете.

**4 ТИПЫ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ**

Волконно-оптические кабели выпускаются многими компаниями, как зарубежными, например, Alcatel, AMP, Fujikura, Hellukabel, Lucent Technologies, Phillips, Samsung, Siemens, Sumitomo, так и отечественные, например, «Москабель-Фуджикура», «Оптен», «Самарская оптическая кабельная компания» («СОКК»), «Сарансккабель», «Севкабель-оптик», «Трансвок» и др. Российские компании используют импортное оборудование и волокно, их продукция соответствует мировому уровню качества и подтверждена соответствующими сертификатами, что позволяет использовать её с выгодой для отечественного потребителя.

По назначению все кабели можно разделить на три категории:

- внутренней прокладки;

- наружной прокладки;

- специальные.

В соответствии с «Техническими требованиями к оптическим кабелям связи, предназначенными для применения на взаимоувязанной сети связи Российской Федерации», утвержденным 21 мая 1998 года оптические кабели связи (ОКС) должны удовлетворять нижеперечисленным требованиям, представленным в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Характеристики оптических волокон

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование параметра | Многомо-  довые ОВ | Одномодовые ОВ | | |
| Рекомендации МСЭ-Т | | | |
| G. 651 | G. 652 | G. 653 | G. 654 |
| Передаточные характеристики | | | | |
| Рабочая длина волны, нм | 1300 | 1310/1550 | 1550 | 1550 |
| Коэффициент затухания, дБ/км, не более: | - | - | - | - |
| Продолжение таблицы 4.2 | | | | |
| - на длине волны 1310 нм | 0,7 | 0,36 | - | - |
| - на длине волны 1550 нм | - | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| Числовая апертура | 0,18-0,24 | - | - | - |
| Коэффициент широкополосности, МГц/км | 500,1000 | - | - | - |
| - в интервале длин волн (1285 – 1330) нм | - | 3,5 | - | - |
| - в интервале длин волн (1525 – 1575) нм | - | 18 | 3,5 | 20 |
| Длина волны отсечки, нм | - | 1270 | 1270 | 530 |
| Диаметр сердцевины, мкм | 50 + 3 | - | - | - |
| Диаметр модового поля, мкм | - | (9-10)+ 10% | (7-8,3)+10% | 10,5 + 10 |
| Геометрические характеристики | | | | |
| Диаметр оболочки, мкм | 125 + 1 | 125 + 1 | 125 + 1 | 125 + 1 |
| Диаметр по защитному покрытию, мкм | 250 + 15 | 250 + 15 | 250 + 15 | 250 + 15 |
| Некруглость отражающей оболочки, % не более | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Неконцентричность сердцевины, не более | 2 | - | - | - |

Номинальная строительная длина кабеля, указанная в документации производителя, должна быть не менее 2 км (кроме станционных кабелей).

Кабели, содержащие металлические элементы, должны удовлетворять следующим требованиям к электрическим параметрам:

- электрическое сопротивление наружной оболочки кабеля, измеренное между металлическими элементами и землей (водой) должно быть не менее 2000 МОм-км (при заводских испытаниях);

- внешняя оболочка кабеля должна выдержать напряжение, приложенное между металлическими элементами, соединенными вместе, и водой (землей) 20 кВ постоянного тока или 10 кВ переменного тока частотой 50 Гц в течение 5 с. Для морских кабелей величина испытательного напряжения определяется с учетом величины дистанционного питания (ДП);

- электрическое сопротивление изоляции жил ДП и между металлическими элементами и жилами ДП должно быть не менее 1000 Мом∙км;

- электрическое сопротивление жил ДП, приведенное к температуре 20оС, должно быть не более 16 Ом/км;

- изоляция жил ДП должна выдерживать испытательное напряжение 2,5 кВ переменного тока или 5 кВ постоянного тока в течение 2 мин.;

- оптический кабель с металлическими наружными покровами должен выдерживать испытание импульсным током в четырех поддиапазонах значений: менее 55 кА (I-ая категория молниестоикости); (55-80) кА (II-ая категория); (80-105) кА (III-я категория молниестоикости); 105 кА и выше (IV-ая категория).

ОК должен быть стойким к механическим воздействиям, выдерживать 20 циклов изгибов на угол 90о по радиусу не более 20-кратного внешнего диаметра при нормальной температуре и при температуре не ниже минус 10о С окружающей среды (кроме внутри объектовых). Кабели должны выдерживать 10 циклов осевых закручиваний на угол 360о на длине не более 4 м при нормальной температуре окружающей среды.

Срок службы оптических кабелей должен быть не менее 25 лет.

Допустимый статический радиус изгиба ОК должен быть равен 20-ти номинальным наружным диаметрам кабеля. Для кабелей, прокладываемых в кабельной канализации, допустимый радиус изгиба не должен превышать 250 мм.

Допустимый статический радиус изгиба ОВ при монтаже должен быть не более 3 мм.

Для проекта необходим ОК, предназначенный для прокладки в грунтах всех категорий (кроме, подверженным мерзлотным деформациям), кабельной канализации, на мостах, через озера, болота и судоходные реки. Число ОВ в кабеле выбирается не менее 4, что обеспечивает резервирование обоих направлений передачи. В данном проекте предложено прокладка кабеля с 16 волокнами. Таким требованиям отвечают кабели российского производства. Рассмотрим несколько вариантов продукции отечественных кабельных компаний.

ЗАО «Интегра» предлагает кабели различных марок для прокладки в грунт и для прокладки в телефонной канализации. Рассмотрим кабель марки ОПН - ДАС и ОПН - ДПО.

ОПН - ДАС с усиленной броней, гидрофобным заполнителем и защитным шлангом из полиэтилена, для прокладки в грунтах всех категорий. В производстве данного кабеля используется ОВ японской фирмы «Fugikura». Число ОВ от 4 до 16, строительная длина - 4 км, километрическое затухание – 0,22 дБ/км, хроматическая дисперсия – 18 пс/нм-км.

ОПН - ДПО – предназначен для прокладки в кабельной канализации, блоках, трубах. Он по техническим параметрам идентичен предыдущему кабелю, но без брони.

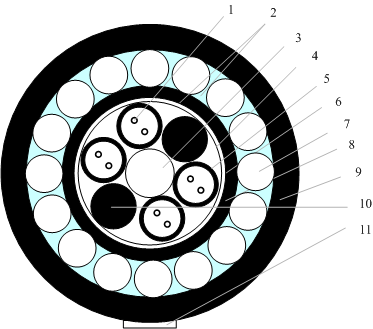
ЗАО «Трансвок» выпускает кабель марки ОКЗ - С4/2(2,0)Сп-16(2) для прокладки в грунтах всех категорий. В производстве кабеля используется ОВ американской фирмы Corning. Число оптических волокон 4 - 24, строительная длина 4 км, километрическое затухание – 0,22 дБ/км, хроматическая дисперсия – 18 пс/нм∙км.

ЗАО «Самарская оптическая кабельная компания» выпускает кабель марки ОКЛК-01-4-16-9/125-0,22-18-7,0 для прокладки в грунтах всех категорий и через водные преграды глубиной до 50 м. Кабель также имеет все необходимые сертификаты. Число ОВ 4 -16, строительная длина- 5 км, километрическое затухание – 0,22 дБ/км, хроматическая дисперсия – 18 пс/нм-км.

Таким образом, вышеперечисленные изделия практически идентичны по своим основным техническим параметрам. Критерием выбора станет стоимость одного километра кабеля. ОПН - ДАС стоит 50500 руб./км, ОПН - ДПО 48670 руб./км; стоимость ОКЗ-С4/2(2,0)Сп-16(2) составляет 48100 руб./км, стоимость ОКЛК-01-4-16-9/125-0,22-18-7,0 составляет 43000 руб./км. Очевидно, что стоимость изделия ЗАО «СОКК» ниже стоимости остальных, и следовательно выбирая кабель марки ОКЛК-01-4-16-9/125-0,22-18-7,0 можно минимизировать капитальные затраты на строительство магистрали. В таблице 4.3 приведена характеристика выбранного ОК, на рисунке 4.1 приведено сечение кабеля.

Таблица 4.3 - Основные технические характеристики ОК ОКЛК-01-4-16-9/125-0,2-18-7,0

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Конструктивные данные |
| Количество ОВ | 2 - 144 |
| Диаметр кабеля, мм | 15,0 – 28,5 |
| Вес, кг/м | 300 - 1800 |
| Коэффициент затухания, дБ/км, не более:  - на длине волны 1,31 мкм  - на длине волны 1,5 мкм | 0,34  0,20 |
| Хроматическая дисперсия волокна, пс/нм-км, не более:  - на длине волны 1,31 мкм  - на длине волны 1,5 мкм | 3,5  18 |
| Допустимое раздавливающее усилие, Н/см, не менее | 1000 |
| Допустимое растягивающее усилие, кН | 7,0 – 80,0 |



Условные обозначения:

1) оптическое волокно;

2) гидрофобный заполнитель;

3) центральный силовой элемент (стеклопластик);

4) водоблокирующая лента;

5) полимерная трубка;

6) скрепляющая лента;

7) стальная оцинкованная проволока;

8) полимерная защитная внутренняя оболочка;

9) полимерная защитная наружная оболочка;

10) кордель;

11) маркировка.

Рисунок 4 – Оптический кабель ОКЛК-01-4-16-9/125-0,2-18-7,0

**5 РАСЧЕТ ДЛИНЫ РЕГЕНЕРАЦИОННОГО УЧАСТКА**

Определим максимальную длину регенерационного участка .

По мере распространения оптического сигнала по линии происходит снижение уровня мощности и увеличение дисперсии. Качество связи в ЦСП в первом приближении определяется уровнем флуктационных шумов на выходе ФПУ и межсимвольной интерференцией. С ростом длины линии уширение импульсов, характеризуемое величиной  увеличивается, вероятность ошибки возрастает. Таким образом, длина регенерационного участка *lру* ограничивается либо ослаблением сигнала, либо уширением импульса в линии. Для безискаженного приема ИКМ сигналов необходимо выполнение требования:



где Т – длительность тактового ИКМ сигнала;

 - длительность импульса.



где  - тактовая частота линейного сигнала.

Если длительность паузы равна длительности посылки, то



То есть уширение импульса, прошедшего световод одного участка *lру* не превышает половины длительности тактового интервала. Эти условия определяют первое расчетное соотношение для определения допустимой длины регенерационного участка:

, км

Из соотношения следует, что при заданном типе ОВ достигаемая скорость передачи обратно пропорциональна длине участка регенерации, то есть мы получим длину регенерационного участка, зависящую от дисперсии.

Второе расчетное соотношение длины регенерационного участка можно получить из расчета ослабления сигнала. По мере распространения сигнала по линии уменьшается его мощность. Сигнал передается от источника излучения с уровнем передачи . На вводе луча в волокно сигнал затухает на величину . Так как регенерационный участок содержит определенное число строительных длин, которые соединены между собой неразъемными соединителями, вносящих затухание , то общее ослабление определяется количеством этих соединителей. Следует также учесть затухание, вносимое самим кабелем:



где - километрическое затухание (ослабление) 1 км кабеля, 0,2 дБ/км;

 - длина регенерационного участка, км.

С учетом вышесказанного можно записать:



где  - строительная длина кабеля, .

Энергетический потенциал аппаратуры рассчитывается по формуле

Из технических данных для оборудования STM-1:

Pпер = 0дБ,

Pпр мин = -34дБ.

Таким образом, энергетический потенциал составит:

Э = 0 – (-34) = 34дБ.

Подставив выражение (3.26) в (3.25) можно определить длину участка регенерации:

, км

Рассчитанное значение длины регенерационного участка подходит под наши участки между районными центрами.

**6 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ**

Схема организации связи разрабатывается на основе выбранного оборудования, кабеля, трассы прокладки кабеля и разбивки трассы на регенерационные участки. Необходимые для этого расчеты произведены в предшествующих разделах. Систематизируем имеющиеся сведения.

Оконечный мультиплексор будет находиться в г. Новосибирск. Он необходим, чтобы ввести в проектируемую линию связи 24 рассчитанных ранее ПЦП. Потоки будут вводиться через 6 электрических интерфейсов STM-1e, связанных с модулем кроссовой коммутации.

Мультиплексоры ввода/вывода потоков будут расположены в следующих населенных пунктах: Новый Шарап, Жуланка, Краснозерск. В Новый Шарап предполагается выделение 2 ПЦП, в Жуланка – 2, в Краснозерск 6, в Карасуке 14.

В данном курсовом проекте организованы первичные цифровые потоки от г. Новосибирск до г. Карасук. На данном участке выделяются 24 потока E1 в районных центрах.

Линейные потоки 155 Мбит/с организуются по типу резервирования «1+1». В г. Новосибирск и г. Карасук установлены терминальные мультиплексоры (ТМ), в остальных пунктах применяется один тип мультиплексора – ADM. Схема организации связи представлена на рисунке 5.

**7 РАСЧЕТ НОРМАТИВНОГО ПАРАМЕТРА НАДЕЖНОСТИ**

Под надежностью объекта подразумевают свойство сохранять во времени и установленных пределах значения всех параметров, характеризующих качество передачи информации в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Проблема обеспечения надежности весьма актуальна для волоконно-оптических систем передачи, предназначенных для больших объемов информации и имеющих большую длину участков регенерации. Поэтому очень важно предварительно рассчитать их надежность с тем, чтобы получить требуемые показатели в процессе эксплуатации аппаратуры ВОСП. Расчет надежности проведем по методике инженерного расчета и проектирования.

Наработка на отказ  - среднее время между отказами системы (элемента) находится по формуле:

где  - нормированное среднее время восстановления между отказами, ч;

 - максимальная протяженность внутризоновой сети, км;

- длина канала (магистрали), км.

Интенсивность отказов - среднее количество отказов в единицу времени находится по формуле:

ч-1

Эти два показателя характеризуют безотказность системы передачи – свойство непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Комплексный показатель надежности – коэффициент готовности  - определяет вероятность работоспособности объекта в произвольный момент времени. Этот показатель ВОСП однозначно связан с коэффициентом простоя , который определяет вероятность того, что система окажется в неработоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов:

.

При существующей на эксплуатации стратегии восстановления, начинающегося с момента обнаружения отказа (аварии), коэффициент простоя (неготовности) определяется по формуле:

.

где - среднее время восстановления, затрачиваемое на обнаружение, поиск причины и устранение последствий отказов, ч.

Коэффициент готовности при этом будет равен:



Для инженерного расчета коэффициента простоя для случая эксплуатации ВОСП на основе оптимальной стратегии восстановления, начинающегося с обнаружения предотказового состояния (предаварии) используется следующее выражение:

где  - время с момента обнаружения неисправности до начала ремонта.

Коэффициент готовности для случая эксплуатации ВОСП на основе оптимальной стратегии восстановления находится по формуле:



Среднее время между отказами сетевых трактов N-го порядка по отношению к среднему времени между отказами канала ОЦК определяется как:

где N=5 - сетевой тракт STM-1 является пятой ступенью в иерархии PDH/SDH по отношению к каналу ОЦК.

Тогда интенсивность отказов для сетевого тракта STM-1 равна:

ч-1

Коэффициент простоя по формуле:

Коэффициент готовности найдем по формуле:

Коэффициент простоя для случая эксплуатации ВОСП на основе оптимальной стратегии восстановления находится по формуле:

Тогда коэффициент готовности будет равен:

Требуемые показатели надежности для линейного тракта длиной L=386 км определяем аналогично предыдущим расчетам. Среднее время между отказами будет равно:

Интенсивность отказов по формуле:



Коэффициент простоя по формуле:



Тогда коэффициент готовности будет равен:



Найдем коэффициент простоя для случая эксплуатации ВОСП на основе оптимальной стратегии восстановления по формуле:



Тогда коэффициент готовности на основе оптимальной стратегии восстановления:



Расчетная интенсивность отказов оптического кабеля за 1 ч на длине трассы ВОЛС (L) определяется как:

где М – среднее число (плотность) отказов оптического кабеля из-за внешних повреждений на 100 км кабеля в год.

Вычислим суммарный коэффициент простоя по кабелю при времени восстановления 8 ч по формуле:



Тогда коэффициент готовности равен:



Если принять, что среднее число отказов оптического кабеля магистрали не будет превышать 0,15 в год на 100 км, а время восстановления , то получим следующие оптимальные значения интенсивности отказов и коэффициента простоя кабельных сооружений:





Тогда коэффициент готовности будет равен:



Надежность оборудования линейного тракта в основном определяется надежностью аппаратуры в пунктах доступа. Коэффициент простоя аппаратуры в обслуживаемом пункте при среднем времени между отказами  и будет равен:



Значение коэффициента простоя для аппаратуры SDH всего линейного тракта найдем по формуле:



где - количество обслуживаемых пунктов.

При резервировании системы передачи по схеме  коэффициент простоя находится по следующей формуле:



где - число рабочих элементов;

- число резервных элементов;

- интенсивность отказов одного элемента системы передачи;

 - интенсивность отказов устройства переключения на резерв.

При и  получим:



Для последовательного соединения по надежности элементов системы передачи (например, участков магистрали или отдельных видов оборудования), суммарный коэффициент простоя равен:



где ,  - коэффициенты простоя отдельных элементов системы передачи.

Тогда коэффициент простоя оборудования всего линейного тракта с учетом наихудшего значения надежности линейно-кабельных сооружений :



Из последнего выражения найдем среднее время между отказами сетевого тракта уровня STM-1, с учетом что :

ч

Отсюда получим среднее время между отказами для одного канала ОЦК:



Коэффициент простоя для ОЦК определяется:



Коэффициент готовности будет равен:



###### Из сравнения полученных величин с требуемыми значениями показателей надежности, следует, что имеется большой запас по надежности по сравнению с требуемыми показателями.

**8 ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОЛП**

Прокладка оптических кабелей в грунт.

Перед прокладкой ОК проводятся изыскания трассы с целью выбора оптимальной конструкции прокладываемого ОК и технологии прокладки (кабелеукладчиком, в траншею, с использованием горизонтально-наклонного бурения, взрывных работ и др.). Учитывается также наличие имеющихся подземных сооружений (других кабелей связи, силовых кабелей, трубопроводов и т.д.) и наземных препятствий (шоссейные и железные дороги, реки, болота, леса, овраги, пересечения с линиями электропередачи и др.), определяются места размещения НРП, пунктов доступа к ОК, оптических муфт и т.д.

Основным, наиболее экономичным методом прокладки ОК непосредственно в грунт, обеспечивающим наиболее высокую степень механизации и скорость прокладки, является прокладка кабелеукладчиком. На определенных участках трассы могут применяться и другие технологии – в частности, при пересечениях автомобильных и железных дорог, глубоких оврагов и болот, рек, скальных участков. Для ОК с металлическими бронепокровами необходимо соблюдение мер по защите ОК от грозовых повреждений и от влияний электрифицированных железных дорог и линий электропередачи на участках сближений с этими объектами. На особо опасных с точки зрения электромагнитных воздействий участках трассы предусматривается прокладка диэлектрических ОК.

Прокладка ОК с помощью кабелеукладчика предусматривает обеспечение плавного прохода ОК через кассету кабельного ножа с соблюдением допустимого радиуса его изгиба, а также нормируемой (1,2 м) глубины прокладки. Кабелеукладчики используют на спрямленных и протяженных участках трассы, при отсутствии частых пересечений с подземными коммуникациями.

Перед прокладкой ОК в грунт предварительно прорезают грунт кабельным ножом вхолостую, без ОК, или же с применением специального рыхлителя грунта (пропорщика). Пропорка в тяжелых и каменистых грунтах производится за несколько проходов, до полной глубины трассы.

Прокладка ОК ведется без увеличения или снижения скорости, кабельный нож должен ровно заглаживать дно прорези во избежание повреждения ОК выступающими камнями и исключения резких изгибов ОК. Нельзя превышать допустимое усилие растяжения ОК. Наклон ножа кабелеукладчика должен быть постоянным, в ходе прокладки ведется контроль глубины прокладки ОК.

Допустимый радиус изгиба ОК должен оставаться постоянным, при повороте трассы с радиусом более крутым, чем допускает кабелеукладочная техника, должна отрываться траншея для выполнения маневра. Выглубление и заглубление ножа кабелеукладчика производятся только в предварительно отрытом котловане, размер которого должен быть больше наибольшей ширины ножа. Выше уровня прокладки ОК на 10...15 см рекомендуется одновременно с ОК прокладывать сигнальную ленту, а на поворотах трассы и участках пересечений с подземными сооружениями устанавливать электронные маркеры.

При пересечении трассы ОК с другими подземными сооружениями (трубопроводами, кабелями) должны быть приняты меры, исключающие повреждение этих сооружений.

В местах стыка строительных длин ОК предусматривается технологический запас длины ОК, обеспечивающий последующий монтаж ОК в специально оснащенной монтажной автомашине. По окончании монтажа ОК смонтированную муфту и технологический запас длины ОК, свернутый в бухту с допустимым радиусом изгиба ОК, укладывают в грунт на глубине прокладки ОК и защищают от механических воздействий.

Прокладка ОК в траншею выполняется при множественных пересечениях с подземными коммуникациями или другими препятствиями. Траншеи разрабатываются траншеекопателями, цепными или одноковшовыми экскаваторами, либо вручную. Глубина траншеи должна обеспечивать подсыпку песка или рыхлого грунта слоем 5-10 см для выравнивания дна траншеи и выполнения плавных переходов через неизвлекаемые включения. По окончании укладки ОК в траншею предварительно засыпают слой песка или рыхлого грунта толщиной около 10...15 см (без включений камней), укладывают сигнальную ленту и окончательно засыпают траншею вынутым грунтом, который затем уплотняют.

На участке пересечения с автомобильными и железными дорогами ОК укладывают в защитные трубы, прокладываемые преимущественно закрытым способом (методом горизонтального прокола или методом управляемого бурения).

Прокладка ОК через водную преграду предусматривает сооружение двух участков перехода, разнесенных друг от друга на расстояние 300 м. При наличии моста на участке организации речного перехода нижний створ ОК прокладывается по мосту. На береговых участках ОК речного перехода соединяются муфтовым соединением с ОК, проложенным в грунт.

Метод горизонтально-наклонного бурения применяется при прокладке ОК через крупные овраги, судоходные реки и многочисленные подземные коммуникации. Этим методом с высокой точностью выполняются скрытые переходы на глубине до 30 м и длиной до 1 км. Установка горизонтально-наклонного бурения по заданной траектории бурит предварительную (пилотную) скважину, с большой точностью выходящую в заданную точку на другой стороне препятствия. Затем за один или несколько этапов расширяют скважину до требуемого диаметра. В скважину с помощью бурового раствора, формирующего канал и выполняющего роль смазки, затягивают отдельные трубы или пучки труб, используемые в качестве труб кабельной канализации на участке перехода.

Маркировка трасс ОК осуществляется предупредительными знаками, пикетажными столбиками, привязкой на рабочей документации кабельных трасс к стационарно расположенным местным объектам, электронными маркерами.

Прокладка оптических кабелей в кабельной канализации

ОК в кабельной канализации прокладывается преимущественно в населенных пунктах, при этом используется имеющаяся инфраструктура городской кабельной канализации. Для более эффективного использования каналов кабельной канализации предварительно в стандартные каналы прокладывают пластмассовые трубы. Перед прокладкой осматриваются, дооснащаются и ремонтируются кабельные колодцы, а также проверяются на проходимость каналы кабельной канализации, при необходимости они ремонтируются.

Прокладка ОК в кабельной канализации производится преимущественно методом затяжки вручную или с применением лебедок.

Прокладка ведется с учетом следующих факторов:

- поворот трассы на угол 90° эквивалентен увеличению длины участка на 200 м;

- радиус изгиба ОК при прокладке не должен быть менее 20 наружных диаметров ОК;

- не допускается превышение величины тягового усилия;

- во избежание повреждения пластмассовых каналов кабельной канализации применяют синтетический тяговый фал (капроновый, полипропиленовый);

- не используют смазку для уменьшения трения при прокладке ОК;

- не допускается заталкивать ОК в изгиб канала кабельной канализации;

- барабан с ОК при прокладке должен равномерно вращаться приводом или вручную.

Барабан с OK размещают на участке с наибольшим количеством поворотов трассы для уменьшения тягового усилия. Если длина ОК превышает 1 км, то кабельный барабан размещают в середине участка трассы, при этом половина длины ОК прокладывается в одном направлении трассы.

Для ввода ОК в колодцы кабельной канализации используют направляющие устройства и раскаточные ролики. Тяговый фал крепят к ОК через компенсатор кручения (вертлюг). Скорость затяжки ОК с использованием лебедок, оснащаемых устройствами контроля тягового усилия, как правило, регулируется в диапазоне 0...30 м/мин. В конечных колодцах должен обеспечиваться технологический запас длины ОК, достаточный для последующего монтажа муфт. Монтаж муфт выполняется в специализированной автомашине с последующим креплением муфты и технологического запаса длины ОК, свернутого в бухту, внутри колодца кабельной канализации.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данном курсовом проекте спроектирована защищенная ВОЛП на участке Новосибирск - Карасук, основанная на оборудовании SDH.

В ходе рассмотрения основных производителей и поставщиков телекоммуникационного оборудования для оптической магистрали было выбрано оборудование израильской компании ECI Telecom, которое наиболее всего удовлетворяет техническим требованиям сети и является экономически выгодным.

С учетом дальнейшего развития ВОЛП и необходимости прокладки кабеля в различные категории грунта выбран кабель марки ОКЛК производства ЗАО «Самарская оптическая кабельная компания».

Электрический расчет параметров магистрали включил в себя расчет длины регенерационных участков для проектируемой ВОЛП и расчет норм на качественные характеристики групповых трактов проектируемой СП.

В данном проекте отдано предпочтение топологии последовательная линейная цепь с защитой типа «1+1». На основе расчетов разработана схема организации связи.

Сооружения связи являются одними из наиболее экологически чистых видов объектов строительства. В период эксплуатации они не загрязняют окружающую среду, и, в тоже время, дают значительный социально-экономический эффект по оказанию услуг связи потребителям.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Алексеенко А.Л. Проектирование и строительство волоконно-оптических линий связи. Учебное пособие. / А.Л. Алексеенко, Ю.Н. Белов, А.Д. Ионов, В.М. Хабибулин - Новосибирск, 1991.

2 Ситикова Л.И. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию по курсу «Направляющие системы электросвязи» Часть 1 / Л.И. Ситикова – Хабаровск, ХФ СибГУТИ, 2004. – 62 с.

3 Бутусов М.М. Волоконно-оптические системы передачи. Учебник для вузов / М.М.Бутусов, С.М. Верник, С.Л.Галкин и др., под ред. В.Н.Гомзина.- М.: Радио и связь.-1992.

4 Горлов Н.И. Оптические линии связи и пассивные компоненты ВОЛС. Учебное пособие. / Н.И. Горлов, А.В Микиденко, Е.А. Минина – Новосибирск, 2003.

5 Фокин В.Г. Оптические системы передачи. Учебное пособие. 1 и 2 части / Новосибирск, 2002.

6 Заславский К.Е. Проектирование оптической транспортной сети. Учебное пособие / К.Е. Заславский, В.Г. Фокин - Новосибирск, 1999.

7 Дмитриев С.А. Волоконно-оптическая техника: современное состояние и перспективы / С.А. Дмитрием, Н.Н. Слепов – М., 2005.

8 Кудашова Л.В. Электрический расчет линейного тракта волокно-оптичекой системы передачи. Учебное пособие по дипломному и курсовому проектированию многоканальных систем передачи / Л.В. Кудашова, В.Н. Кудашов – ХФ СибГУТИ, Хабаровск, 2001.

9 Тарифы на услуги электросвязи и прочие услуги, оказываемые населению и организациям ОАО «Дальсвязь». Единый прейскурант / ОАО «Дальсвязь», 2006.

10 Методическое пособие по дипломному и курсовому проектированию / А.В. Ананьин, Н.Б. Литвинова, И.В. Суркова, И.П. Федоренко - ХИИК ГОУ ВПО «СибГУТИ», 2006.

11 Ионова Е.А., Пожидаева Л.Б. Технико-экономический проект участка первичной сети. Методические указания для выполнения курсовой работы / СибГУТИ – Новосибирск, 2001.

12 Баклашов Н.И., Китаева Н.Ж., Терехов В.Д. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды / М.: Радио и связь, 1989.

13 www.soccom.ru – официальный сайт ЗАО «Самарская оптическая компания».