Содержание

Введение

1. Выбор и обоснование трассы прокладки ВОЛП между пунктами Курск-Брянск

1.1 Выбор трассы на загородном участке

1.2 Выбор трассы в населенных пунктах

2. Расчёт необходимого числа каналов

3. Выбор системы передачи и определение ёмкости кабеля

4. Расчёт параметров оптического волокна

5. Выбор конструкции оптического кабеля

6. Расчёт длины участка регенерации ВОЛП и размещение регенерационных пунктов

7. Составление сметы на строительство линейных сооружений

8. Расчёт параметров надёжности ВОЛП

Индивидуальное задание

Заключение

Литература

# Введение

Для передачи на расстояние различного рода информации люди издавна использовали звуковую и световую энергию. Для увеличения дальности передачи сообщений применялись цепочки переприемных сигнальных пунктов. Так, в начале XIX столетия действовала семафорная линия связи Петербург-Варшава протяженностью 1200 км. Через каждые 40 км на высоких опорах располагались установки, в которых осуществлялось повторение передаваемых световых сигналов. Передача по такой линии даже короткого сообщения требовала несколько часов, зависела от состояния погоды (видимости) и не была защищена от помех и перехватов. С появлением радиосвязи оптические семафорные линии были заброшены. Сегодня мы являемся свидетелями возврата к использованию света для целей связи. Но делается это на совершенно новой основе, с применением всех достижений современной науки и техники: квантовой физики, оптоэлектроники и радиотехники.

Научно-технический прогресс во многом определяется скоростью передачи информации и ее объёмом. Возможные средства увеличения объемов передаваемой информации наиболее полно реализуются в результате применения волоконно-оптических линий связи.

Оптические кабели в отличие от электрических кабелей с медными проводниками не требуют дефицитных металлов и изготавливаются, как правило, из стекла и полимеров. Помимо экономии меди, достоинствами оптических кабелей по сравнению с электрическими являются возможность передачи большого потока информации, малое ослабление сигнала и независимость его от частоты в широком диапазоне частот, высокая защищенность от внешних электромагнитных помех, малые габаритные размеры и масса, надежная техника безопасности (отсутствие искрения и короткого замыкания).

Системы передачи, работающие по волоконно-оптическим линиям, также обладают рядом преимуществ по сравнению с системами передачи, работающими по электрическому кабелю: широкая полоса пропускания, позволяющая организовывать требуемое число каналов по одному волоконно-оптическому тракту; возможность предоставления абоненту наряду с телефонной связью других услуг (телевидение, телефакс, широкополосное радиовещание, различные тематические и справочные службы, реклама и так далее); малое километрическое затухание и, следовательно, возможность увеличения длины регенерационного участка; немаловажное значение имеет и достигаемая скрытность связи.

Можно сказать, что приход оптоэлектронных систем и оптических кабелей связи на смену электрическим имеет такое же значение для науки и техники, какое в свое время имела замена вакуумных ламп транзисторными приборами.

В мире достигнут огромный прогресс в развитии волоконно-оптических линий связи. В настоящее время волоконно-оптические кабели и системы передачи для них выпускаются многими странами мира. В связи с появлением систем передачи синхронно-цифровой иерархии (SDH) получают широкое применение современные отечественные волоконно-оптические кабели и волоконно-оптические системы передачи (ВОСП).

Синхронная цифровая иерархия располагает обширным арсеналом технических средств и методов, поддерживающих надежность функционирования сети связи. Автоматическое, без задействования обслуживающего персонала, резервирование. Современные сети должны быть построены на основе перспективных цифровых систем передачи, обеспечивать возможность совместной работы аппаратуры различных производителей, ввод и выделение цифровых потоков разной мощности в различных узлах сети, гибкое управление сетью.

Применение оптических кабелей целесообразно и экономически эффективно на всей сети связи РФ. Это не только значительно повышает технико-экономические показатели систем передачи, но и обеспечивает возможность перехода к цифровым сетям интегрального обслуживания (сети ISDN).

В нашей стране волоконно-оптические линии связи широко используются на межстанционных соединительных линиях ГТС, магистральных и внутризоновых линиях, на локальных компьютерных сетях и сетях кабельного телевидения.

Учитывая нарастающую тенденцию использования оптоволоконных кабелей для прокладки магистральных и внутризоновых линий связи, нам, студентам факультета МЭС предлагается курсовой проект, задача которого - спроектировать линию связи между заданными пунктами, организовать систему связи, выбрав необходимое оборудование передачи и оптический кабель. Можно заметить, что для студентов специализации "Проектирование и строительство линий связи" этот курсовой проект имеет очень большое значение, как учебное пособие по будущей специальности.

Задание на курсовой проект и исходные данные

В курсовом проекте необходимо:

1. Выбрать и обосновать трассу ВОЛП. Привести ситуационную схему трассы.

2. Определить необходимое число каналов.

3. Выбрать систему передачи и определить требуемое число ОВ в кабеле.

4. Рассчитать параметры оптического кабеля.

5.Выбрать марку ОК, привести его эскиз и основные технические параметры.

6. Рассчитать длину регенерационного участка.

7. Разработать схему организации связи на основе выбранной системы передачи.

8. Привести схему размещения ОРП и НРП на трассе.

9. Рассчитать параметры надежности ВОЛП.

10.Составить смету на строительство линейных сооружений по укрупненным показателям и определить стоимость канало-километра линейных сооружений.

11. Рассмотреть вопросы строительства, монтажа и измерений параметров ВОЛП в соответствии с индивидуальным заданием (по указанию руководителя проекта).

**Исходные данные**

Вариант 13(3).

Трасса: Курск-Брянск.

Длина волны .

Показатель преломления сердцевины ОВ: .

Показатель преломления оболочки ОВ: .

Индивидуальное задание:

13. Измерения,проводимые в процессе прокладки оптического кабеля.

# 1. Выбор и обоснование трассы прокладки ВОЛП между пунктами Курск-Брянск

## 1.1 Выбор трассы на загородном участке

Для выбора трассы проектируемой ВОЛП на загородном участке воспользуемся Атласом автомобильных дорог [2]. Трассу для прокладки оптического кабеля (ОК) выбирают исходя из условий:

- минимальной длины между оконечными пунктами; выполнения наименьшего объема работ при строительстве;

- возможности максимального применения наиболее эффективных средств индустриализации и механизации строительных работ;

- удобства эксплуатации сооружений и надежности их работ.

В зависимости от конкретных условий, трасса ОК вне населенных пунктах выбирается на всех земельных участках, в том числе, в полосах отвода автомобильных и железных дорог, охранных и запретных зонах, а также на автодорожных и железнодорожных мостах, в коллекторах и тоннелях автомобильных и железных дорог.

Трассы магистральных и внутризоновых ОК проектируется, как правило, вдоль автомобильных дорог общегосударственного и республиканского значения, а при их отсутствии — вдоль автомобильных дорог областного и местного значения или, в отдельных случаях, вдоль железных дорог и продуктопроводов.

Выбор трассы прокладки магистрального или внутризонового ОК на загородном участке следует проводить в такой последовательности:

- по географическим картам для заданного территориального района или атласу автомобильных дорог необходимо наметить возможные варианты трасс;

- сравнить варианты по таким показателям: длина, удаление от дорог, количество переходов через препятствия, удобства строительства и эксплуатации;

- выбор вариантов трассы с указанием масштаба, наиболее крупных и важных коммуникаций (автодороги, железные дороги), населенных пунктов, через которые проходит трасса.

- выполнить чертеж прокладки ОК без масштаба. На чертеже указать удаление от важных коммуникаций, общую длину трассы и кабеля по участкам.

При выборе трасс для прокладки ОК необходимо учитывать:

минимальное количество промежуточных пунктов, требующих дистанционное питание или питающихся от автономных источников тока;

для внутризоновых сетей - максимальное использование существующих предприятий связи, имеющих гарантированные источники электропитания, для размещения оборудования промежуточных пунктов.

При расчете потребного количества прокладываемого ОК в проекте следует предусмотреть запас с учетом неровности местности, укладки кабелей в грунт, выкладки в котловане, колодцах и т.д.

Глубина прокладки подземных ВОК в грунте 1-4 группы должна быть не менее 1,2 м. При пересечениях автомобильных и железных дорог прокладка ВОК проектируется в асбестоцементных трубах с выводом по обе стороны от подошвы насыпи или полевой бровки на длину не менее 1 м.

Возможны несколько вариантов прокладки ОК от Курска до Брянска:

* Вариант №1: вдоль автомобильной дороги через Курчатов,Льгов,Рыльск,минуя нас.п.Хомутовка,выйти на трассу Е101 до Брянска;
* Вариант №2: вдоль автомобильной дороги через населённый пункт Журавлино и Бол.Угоны,Льгов,Рыльск и через нас.пункты Калиновка и Колячек выйти на трассу Е101 до Брянска.

Характеристики вариантов трасс приведены в таблице 1.1.

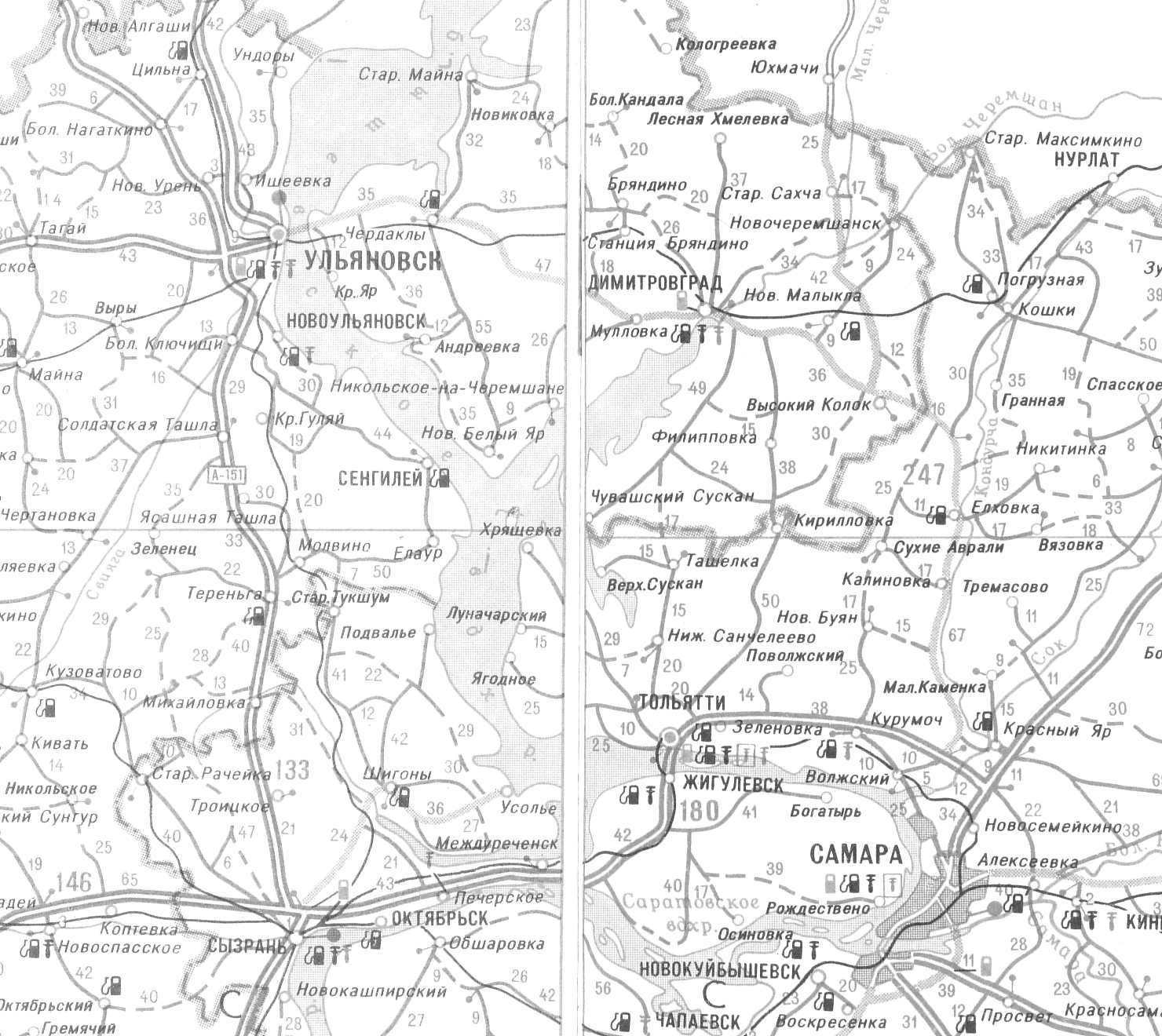
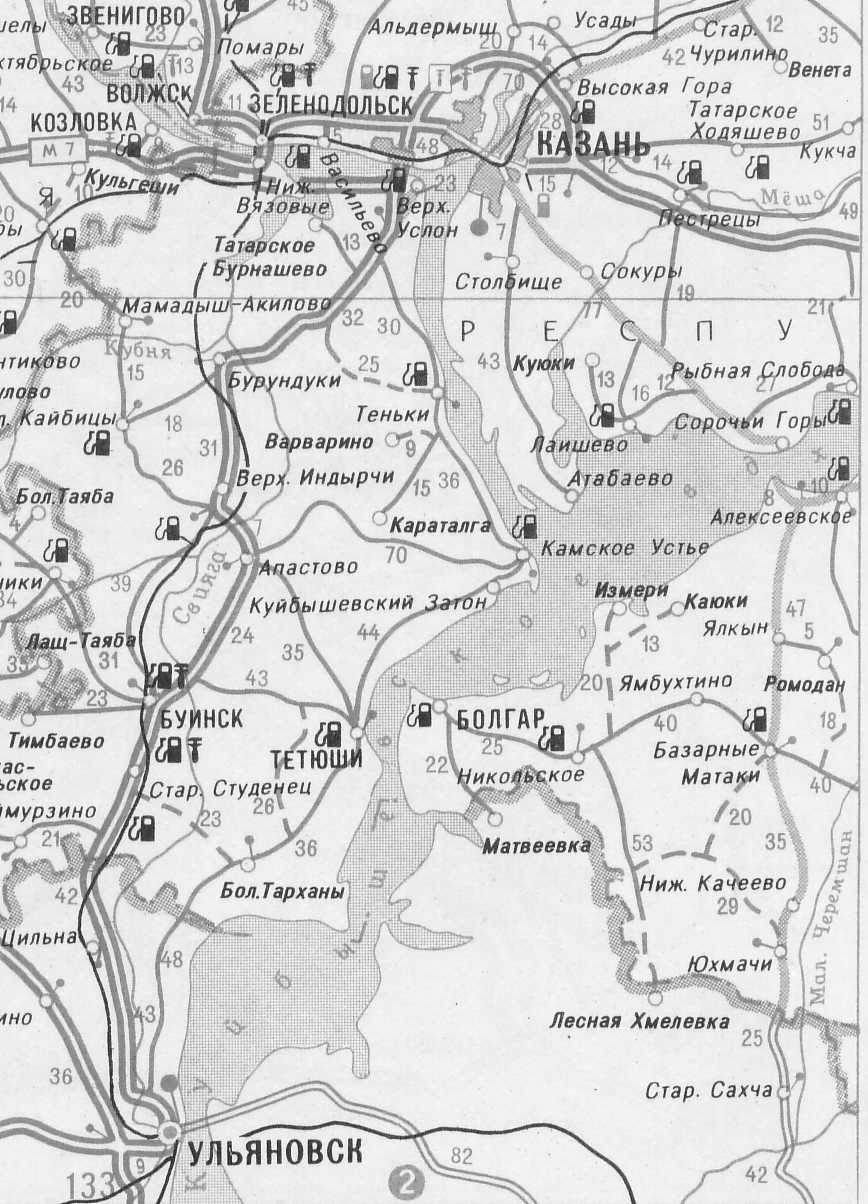


Рис. 1.1. Трассы прокладки ОК. Масштаб 1:20000

Таблица 1.1 Характеристика вариантов трассы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика трассы | Ед.  измер. | Количество единиц по вариантам | | |
| вариант № 1 | вариант № 2 | вариант № 3 |
| 1.0бшая протяженность  трассы:   * вдоль автомобильных дорог; * вдоль грунтовых дорог, бездорожье. | Км | 256 | 255 |  |
| 2.Способы прокладки кабеля:   * кабелеукладчиком; * вручную; * в канализации. | Км |  | 212.75  38.25  30 |  |
| 3. Количество переходов:   * через судоходные реки; через несудоходные реки;   через железные дороги; через автомобильные дороги. | 1 пер | 20  5;28 | 18  4;27 |  |
| 4. Число обслуживаемых регенерационных пунктов | 1 пункт |  | 1 |  |

Выбираем вариант №2, несмотря на то что в первом варианте протяженность трассы получается примерно на 13км короче, там на пути от Прямицыно до Курчатова сплошь идут поселки, железная дорога, и водоем в районе Курчатова.

Расчетные климатические условия.

Климат местности умеренно континентальный. Минимальная расчетная температура воздуха по трассе на разных участках от -25 до -30 градусов С.

Максимальная расчетная температура воздуха по трассе от +30 до +40 градусов С, среднегодовая от +15до -10 градусов С.

Максимальные нормативные скорости ветра 24-30 м/с.

## 1.2 Выбор трассы в населенных пунктах

В городах и крупных населенных пунктах ВОК, как правило, прокладывается в телефонной кабельной канализации или в коллекторах. При наличии метро кабели могут прокладываться в его тоннелях.

При отсутствии в канализации свободных каналов в проектах нужно предусмотреть строительство новой или докладку каналов в существующей кабельной канализации. При выборе трассы кабельной канализации нужно стремиться к сокращению числа пересечений с уличными проездами, с автомобильными и железными дорогами. Трасса кабельной канализации должна проектироваться на уличных и внутриквартальных проездах с усовершенствованным покрытием. Смотровые устройства (колодцы) кабельной канализации проектируются:

* проходные — на прямолинейных участках трасс, в местах поворота трассы не более чем на 15 градусов, а также при изменении глубины заложения трубопровода;
* угловые — в местах поворота трасс более чем на 15 градусов; разветвительные — в местах разветвления трассы на два (три) направления;
* станционные — в местах ввода кабелей в здания телефонной станции.

Типы смотровых устройств (колодцев) определяются емкостью вводимых труб или блоков с учетом перспективы развития сети. Расстояние между колодцами не должно превышать 150 м. В проектах рекомендуется предусматривать типовые железобетонные колодцы.

При необходимости размещения контейнеров НРП в проекте нужно предусмотреть дополнительные колодцы для НРП в непосредственной близости от кабельной канализации (не далее 10 м от существующих колодцев). Прокладка ВОК в кабельной канализации проектируется в свободном канале, причем общее число кабелей в одном канале не должно превышать трех. Практикуется также прокладка кабелей в полиэтиленовых трубах марки ПНД-32-Т, которые предварительно прокладываются в свободный канал. Допускается проектирование прокладки ВОК в занятом электрическими кабелями канале в трубе ПНД-32-Т, которую следует затягивать в канал каждого пролета.

# 2. Расчёт необходимого числа 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 подчиненных окрестностях с учетом среднего прироста населения.

, чел.,

где:

Н0 — народонаселение в период переписи населения, чел.;

р - средний годовой прирост населения в данной местности, % (принимается по данным переписи 1-1.2%);

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 курсовом проекте следует принять 5 лет вперед. Следовательно,

t=5+(tm-t0),

где  — год составления проекта;  — год, к которому относятся данные Н0.

Определяем



Годовой прирост населения примем равным 1.2%.

Определим количество населения в перспективном году в Курской области:

Численность постоянного населения Курской области на 2002 год составила 1162.5 тысячи человек. .



Численность населения Брянской области составляет 1299.7 тыс. чел



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 предшествующие проектированию годы. Практически эти взаимосвязи выражают через коэффициент тяготения f1, который, как показывают исследования, колеблется в широких пределах (от 0,1 до 12%). В курсовом проекте следует принять f1= 5%.

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

,

где α1 и  — постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям; обычно потери задаются 5%, тогда α1 = 1,3; β1= 5,6;

f1 — коэффициент тяготения, f1 = 0,05 (5 %);

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

mа и mб - 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 0,38, количество абонентов в зоне АМТС:



Для Курска 

Для Брянска 

Количество телефонных каналов:



Таким образом, мы определили число каналов для телефонной связи между заданными оконечными пунктами, но по кабельной магистрали организуют каналы и других видов связи, а также должны проходить и транзитные каналы. Общее число каналов между двумя междугородными станциями заданных пунктов

nаб=nтф+nтг+nпв+nпд+nпг+nтр,

где nтф – число двухсторонних каналов для телефонной связи;

nтг – то же для телеграфной связи;

nпв – то же для передачи проводного вещания;

nпд – то же для передачи данных;

nпг – то же для передачи газет;

nтр – транзитные каналы.

Поскольку число каналов для организации связи различного назначения может быть выражено через число телефонных каналов, т.е. каналов ТЧ, например: 1 ТГ кан. = 1/24 ТФ кан.; 1 ПВ кан. = 3 ТФ кан. и т.д., целесообразно общее число каналов между заданными пунктами выразить через телефонные каналы. Для курсового проекта можно принять



Тогда общее число каналов рассчитывают по упрощенной формуле



где nтф – число двухсторонних телефонных каналов.



1 телефонный канал эквивалентен скорости 64 кбит/с, и скорость передачи равна

.

Число цифровых потоков Е1 будет определяться исходя из следующего соотношения:



Для данного случая нам вполне подойдет оборудование передачи с уровне иерархии SDH уровня STM1,в нем скорость вполне подходящая- 155 Мбит/с и 63 потока Е1. Но следует предусмотреть потоки для аренды, транзита, Интернет, а также потоки, выделяемые в промежуточных населенных пунктах - оставшихся 4-х Е1 вряд ли будет достаточно, поэтому следует подобрать оборудование с возможностью установки двух интерфейсов STM1,тогда скорость передачи будет составлять 311Мбит/с и количество потоков увеличиться до 126,этого будет вполне достаточно.

Далее в курсовом проекте следует определить необходимое число оптических волокон в ОК, выбрать систему передачи (при необходимости указать количество СП).

# 3. Выбор системы передачи и определение ёмкости кабеля

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

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 оп одному оптическому волокну, а прием по другому, что эквивалентно четырехпроводной однокабельной схеме организации связи.

В волоконно-оптических системах передачи (ВОСП) применяется, как правило, цифровая импульсная передача. Это обусловлено тем, что аналоговая передача требует высокой степени линейности промежуточных усилителей, которую трудно обеспечить в оптических системах. Используя модуляцию интенсивности излучения света проще использовать цифровые системы передачи (ЦСП).

В настоящее время выпускается достаточно много ВОСП как отечественных, так и зарубежных. Большой интерес представляет аппаратура Синхронной Цифровой Иерархии (SDH).

Системы передачи Синхронной Цифровой Иерархии разработаны специально для ВОЛП и имеют следующие преимущества:

* высокая скорость передачи STM-1 – 155 Мбит/с, STM-4 -622Мбит/с, STM-16–2,5 Гбит/с;
* упрощенная схема построения и развития сети связи;
* малые габариты и энергопотребление;
* высокая надежность сети;
* полный программный контроль за состоянием сети;
* гибкая система маршрутизации потоков;
* высокий уровень стандартизации технологии SDH.

Исходя из требуемой скорости передачи выбираем:

Фирма Nortel

Аппаратура TN-4X относится ко второму уровню SDH и соответствует стандарту ITU-T, ETSI и требованиям регламента SDH РФ.

Аппаратура формирует агрегатный сигнал STM–4 со скоростью передачи 622,080 Мбит/с из следующих плезиохронных и синхронных компонентных сигналов: 2, 34 ,140 Мбит/с, STM – 1.

Максимальное число компонентных сигналов:

* 252 х 2 Мбит/с в двенадцати блоках: 21 интерфейс 2 М в каждом блоке;
* 6 х 34 Мбит/с в шести блоках: 3 интерфейса 34 М в каждом блоке;
* 4 х140 Мбит/с: 1 интерфейс 140 Мбит/с в одном блоке;
* 4 х STM – 1: 1 интерфейс STM – 1 в одном блоке.

Допускается сочетание различных компонентных сигналов, не превышающих суммарную емкость STM – 4.

Мультиплексор ввода/вывода TN-4X конфигурируется в четырех режимах:

* оконечном без ТSI;
* оконечном с TSI;
* ввода/вывода;
* кольцевом;

В оконечном режиме с оперативным переключением осуществляется изменением временных позиций компонентных сигналов.

В режиме ввода/вывода осуществляется введение/выделение требующихся компонентных сигналов 2, 34 и 140 Мбит/с в агрегатный линейный сигнал и передача остальных компонентных сигналов из одного агрегатного сигнала в другой. В этом режиме возможна также перестановка временных позиций (TSI) компонентных сигналов 2 и 34 Мбит/с в дополнении к вводу/выводу.

В кольцевом режиме TN-4X обеспечивает кольцевую структуру с резервированием трактов, путем организации по двум оптическим волокнам двух встречных направлений передачи: по и против часовой стрелки. В этом режиме один компонентный электрический или оптический интерфейс STM-4 может обеспечить связь между кольцами.

Аппаратура TN-4X обеспечивает резервирование мультиплексорных секций по схеме 1+1, резервирование трактов VC-12, VC-3 и VC-4 в кольцевых конфигурациях и резервирование блоков по схеме 1+1 или 1:N. В рассматриваемом проекте применяется резервирование мультиплексорных секций по схеме 1+1.

Аппаратура TN-4X контролируется и управляется с помощью встроенных микропроцессорных устройств и специализированного программного обеспечения.

Она имеет интерфейс Q3 для системы сетевого контроля и управления рабочей станции NMS и интерфейс для системы станционной сигнализации.

Рабочая станция NMS подключается к сетевому элементу (мультиплексору) по локальной сети, с остальными сетевыми элементами связь осуществляется по встроенным в заголовок STM-4 DCC – каналам с использованием протокола QECC по рекомендации G.784.

Тип приемника - lnGaAs;

тип лазера - DFB.

Линейный код – бинарный скремблированный NRZ.

Интерфейсы аппаратуры TN-4X

Оптические интерфейсы STM-4

* Соответствует рекомендации G.957;
* Уровень передачи, дБм -3...+2
* Диапазон волн, нм 1530 – 1570
* Ширина спектра на уровне -20 дБ, нм 0.1...1
* Подавление мод, дБ > 30
* Чувствительность приемника при Кош < 10-10,дБм -32,5…-8
* Затухание линии , дБ 10-32
* Максимальная дисперсия, пс/нм 3500

# 4. Расчёт параметров оптического волокна

Простейшее оптические волокна (ОВ) представляет собой круглый диэлектрический (стекло или прозрачный полимер) стержень, называемый сердцевиной, окружённый диэлектрической оболочкой. Показатель преломления материала сердцевины , всегда больше показателя преломления оболочки .

Показатель преломления оболочки обычно постоянен, а показатель преломления сердцевины в общем случае является функцией поперечной координаты. Эту функцию называют профилем показателя преломления.

Если сердцевина имеет постоянное по диаметру значение показателя преломления, то такие ОВ называют ОВ со ступенчатым профилем показателя преломления или ступенчатым.

Если показатель преломления сердцевины от центра к краю изменяется плавно, то такие ОВ называют ОВ с градиентным профилем показателя преломления или градиентным.

Зная значения показателей преломления сердцевины и оболочки ОВ, найдем числовую апертуру:



где: n1=1,49 – показатель преломления сердцевины ОВ;

n2=1,486 – показатель преломления оболочки ОВ.

Отсюда найдем значение апертурного угла:



В зависимости от числа распространяющихся на рабочей частоте мод ОВ имеют два режима работы: одномодовые и многомодовые. Число мод зависит от соотношения диаметра сердцевины и длины волны. В настоящее время принято при длинах волн равным 0,85 – 1,55 мкм применять ОВ с диаметром сердцевины 8 - 10 мкм для одномодовой передачи.

Значение нормированной частоты рассчитывается по формуле:

,

где:  – радиус сердцевины ОВ;

 - длина волны.

Определим число мод:

 - для ступенчатого ОВ

- для градиентного ОВ



Определим критическую частоту ОВ:



где:  – скорость света;

 - длина волны.

Определим критическую длину волны ОВ:



где: d = 8 мкм – диаметр сердцевины ОВ;

NA = 0,109 – числовая апертура ОВ.



В ходе расчета получили, что данные, представленные в задании соответствуют параметрам одномодового волокна:

1.Числовая апертура должна быть как можно меньше, и зависит она от Δ для одномодового режима Δ=(0.01~0.003),в нашем случае 0.0027 ,что соответствует режиму одномодовости.

2.Одномодовый режим реализуется, если нормированная частота γ≤2.405,т.е.при этом волноводе распространяется только одна фундаментальная мода H11. Чем меньше разность ,тем при большем радиусе световода обеспечивается одномодовый режим. Если нормированная частота лежит в пределах 2.405<γ<5.520 в ОВ распространяются моды E01 и H01,т.е. это уже не одномодовый режим (в нашем случае1.763).



Расчет затухания

Собственное затухание ов зависит от λ, n1 и рассчитывается по формулам:

αс=αп+αр+αпр

где: αп - затухание поглощения, зависит от чистоты материала и обуславливается потерями на диэлектрическую поляризацию.



где: tgδ примем равным tgδ=10-12 .

λ - длина волны, км.

αр – затухание рассеивания, обусловлено неоднородностями материала и тепловыми флуктуациями показателя преломления;

,

где: Kр – коэффициент рассеяния, примем его равным (0,8 мкм4дБ/км );

αпр – затухание примеси, возникает за счет наличия в кварце ионов различных металлов и гидроксильных групп. Из-за примесей возникают всплески ослабления на волнах 0,95 и 1,4 мкм. При этом наблюдаются три окна прозрачности световода с малыми с малыми ослаблениями в диапазонах волн 0,8 – 0,9, 1,2 - 1,3, 1,5 – 1,6 мкм. Так как длина волны равна  (третье окно прозрачности), можно принять αпр=0, тогда

αс=αп+αр = 0,026+0,139=0,165 дБ/км.

кабельное затухание αк – обусловлено условиями прокладки и эксплуатации оптических кабелей.

кабельное затухание рассчитывается как сумма 7 составляющих:

αк=Σαi , i=1÷7;

где: α1 – затухание вследствие термомеханических воздействий на волокно в процессе изготовления кабеля;

α2 – затухание вследствие температурной зависимости коэффициента преломления ОВ;

α3 – затухание на микроизгибах ОВ;

α4 – затухание вследствие нарушения прямолинейности ОВ;

α5 – затухание вследствие кручения ОВ вокруг оси;

α6 – затухание из-за неравномерности покрытия ОВ;

α7 – затухание вследствие потерь в защитной оболочке.

В курсовом проекте примем 

Расчетное суммарное затухание:

α =αс+αк =0,165+0,25= 0,415 дБ/км

В нашем случае получилось большое затухание в третьем окне прозрачности, чего в реальной жизни быть не может. Возьмем реальное значение затухания в оптическом волокне α=0.22Дб/км.

Расчет дисперсии

Дисперсия – рассеивание во времени спектральных или модовых составляющих оптического сигнала.

В одномодовых ОВ имеет место только хроматическая дисперсия, обусловленная некогерентностью источника излучения.

В свою очередь хроматическая дисперсия состоит из материальной, волноводной и профильной дисперсии.

Материальная дисперсия обусловлена тем, что показатель преломления сердцевины изменяется с длиной волны.

τмат=Δλ⋅М(λ), пс/км ;

где: М(λ) – удельная дисперсия материала, для длины волны 1,55 мкм М(λ) = 18;

Δλ - ширина спектра источника излучения, нм.

Δλ=1÷3 нм для ППЛ;

Δλ=20÷40 нм для СИД.

τмат=Δλ⋅М(λ) = , пс/км

волноводная дисперсия обусловлена процессами внутри моды и характеризуется зависимостью коэффициента распространения моды от длины волны:

τвол=Δλ⋅В(λ) = , пс/км;

где: В(λ) – волноводная дисперсия, для длины волны 1,55 мкм В(λ) = 12;

профильная дисперсия проявляется в реальных ОК и обусловлена отклонением продольных и поперечных геометрических размеров и форм реального ОВ от номинала.

τпр=Δλ⋅П(λ) = , пс/км;

где: П(λ) = 6,5  – удельная профильная дисперсия.

Результирующая хроматическая дисперсия:

, пс/км.

На основании рассчитанных параметров передачи выбирается тип оптического кабеля.

# 5. Выбор конструкции оптического кабеля

Российскими кабельными заводами ОК производятся в основном двух типов: с модульной конструкцией сердечника (сердечник с центральным силовым элементом, преимущественно из стеклопластикового стержня, вокруг которого находятся трубки-модули с расположенными в них оптическими волокнами (ОВ)), емкостью до 288 ОВ, и трубчатой конструкции (в виде центрального модуля-трубки), емкостью до 24 ОВ.

ОК производятся с различными типами ОВ - многомодовыми с размерами 50/125 мкм (сердцевина/оболочка соотв.) (рекомендация MC3-TG.651) и 62,5/125 мкм, одномодовыми (рекомендации MC3-TG.652, G.653, G.654, G.655), ОВ с расширенным диапазоном рабочих длин волн. Типы ОВ, которые должен содержать ОК (или же необходимость наличия в ОК различных типов ОВ), определяются заказчиком с учетом назначения ОК.

Основной тип ОВ, используемых в современных конструкциях ОК - одномодовые ОВ, характеризующиеся низкими потерями (так, километрическое затухание на длине волны 1,55 мкм у ОВ по рекомендации G.652 составляет 0,22дБ/км). Многомодовые ОВ применяются практически только в ОК для локальных сетей, в частности, в структурированных кабельных системах, что определяется в основном технико-экономическими причинами.

По результатам расчетов параметров ОК выбираем кабель ОКБ-М6Т-10-0,22-4 производства ЗАО НФ <ЭЛЕКТРОПРОВОД>. Предназначен для прокладки в грунтах всех категорий, в воде при пересечении водных преград, а также в кабельной канализации, по мостам и эстакадам и эксплуатации при температуре окружающей среды от -40 до +50 С

Поперечное сечение кабеля:

1. Оптическое волокно

2. Внутримодульный гидрофобный заполнитель

3. Центральный силовой элемент

- стальная проволока

-стеклопластиковый пруток

4. Межмодульный гидрофобный заполнитель

5. Промежуточная оболочка из полиэтилена

6. Броня из стальной оцинкованной проволоки

7. Гидрофобный заполнитель

8. Защитная оболочка из полиэтилена или пластиката

Указания по монтажу:

Кабели могут прокладываться ручным или механизированным способом при температуре не ниже-10° С.

При прокладке и монтаже кабелей не должны быть превышены допустимые растягивающие и раздавливающие нагрузки.

Минимальная температура разделки и монтажа кабеля должна быть не ниже -10° С.

Радиус изгиба при монтаже, прокладке и эксплуатации кабеля не должен быть менее 20 номинальных наружных диаметров кабеля.

При монтаже кабеля минимально допустимый радиус изгиба ОВ — 3 мм, на время не более 10 минут. Разделка и монтаж кабеля должны проводиться способами и инструментами, исключающими его повреждение

Срок службы кабелей, включая срок хранения, при соблюдении указаний по монтажу и эксплуатации и при отсутствии воздействий, превышающих указанные выше, не менее 25 лет. Срок хранения кабелей в упаковке поставщика в отапливаемых помещениях — 25 лет. При хранении в полевых условиях под навесом — не менее 10 лет.

Таблица 5.1. Технические данные

|  |  |
| --- | --- |
| Передаточные характеристики | |
| Коэффициент затухания, дБ, не более:  на длине волны 1550нм | 0,22 |
| Хроматическая дисперсия, пс/(км • км), не более:  на длине волны 1550нм | 18 |
| Конструктивные параметры | |
| Количество оптических волокон | 2-48 |
| Толщина внутренней оболочки не менее, мм | 0,5 |
| Номинальная толщина наружной оболочки не менее, мм | 2,0 |
| Номинальный диаметр проволок наружного повива, мм | 1,13 |
| Номинальный внешний диаметр кабеля, мм | 16,6 |
| Расчетный вес кабеля, кг/км | 580 |
| Механические параметры | |
| Минимальный разрывная нагрузка, кг | 7600 |
| Максимально допустимая нагрузка, кг | 4500 |
| Среднеэксплуатационная нагрузка, кг | 1520 |
| Модуль упругости (конечный), кг/мм2 | 14130 |
| Электрические параметры | |
| Сопротивление постоянному току при 20°С, Ом/км | 0,47 |
| Допустимый ток КЗ в 1 сек, кА | 9,0 |
| Эксплутационные параметры | |
| Термическая стойкость к КЗ, кА2·с | 81 |
| Коэффициент линейного термического расширения, °/С | 1,6·10-5 |
| Минимальный радиус изгиба, мм | 332 |
| Срок службы, лет, не менее | 25 |
| Строительная длина, км | 4,0 |

# 

# 6. Расчёт длины участка регенерации ВОЛП и размещение регенерационных пунктов

При проектировании высокоскоростных ВОЛП должны рассчитываться отдельно длина участка регенерации по затуханию (Lα) и длина участка регенерации по широкополосности (LB), так как причины, ограничивающие предельные значения Lα и LB независимы.

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

Lα макс – максимальная проектная длина участка регенерации;

Lα мин – минимальная проектная длина участка регенерации.

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

, км ;



, км ;



, км ;



где: Амакс, Амин (дБ) – максимальное и минимальное значения перекрываемого затухания выбранной аппаратуры ВОЛП, обеспечивающее к концу срока службы значение коэффициента ошибок не более 10-10

αок = 0,22(дБ/км) – километрическое затухание выбранного ОК;

αнс = 0,03(дБ) – среднее значение затухания мощности оптического излучения на стыке между строительными длинами кабеля на участке регенерации;

Lстр – среднее значение строительной длины на участке регенерации для выбранног кабеля составляет 4 км;

αрс = 0,2(дБ) – затухание мощности оптического излучения разъемного оптического соединителя;

n – число разъемных оптических соединителей на участке регенерации, равно 2: 1 на передаче и 1 на приёме;

τ = 18  – суммарная дисперсия одномодового ОВ в выбранном ОК;

Δλ = 1(нм) – ширина спектра источника излучения для выбранной СП;

В = 311(Мбит/с) – широкополосность цифровых сигналов, передаваемых по оптическому тракту для выбранной СП;

М (дБ) – системный запас ВОЛП по кабелю на участке регенерации, исходя из наихудших условий зададимся значением 6 дБ.

Максимальное значение перекрываемого затухания определяется:

Амакс = pпер.max – pпр.min , дБ;

где pпер.max – максимальная мощность оптического излучения передатчика,она равна (-3)дБм

pпр.min – гарантированная чувствительность приемника,она равна (-32.5)дБм



Минимальное значение перекрываемого затухания определяется:

АМИН = pпер.max – pперегр.max , дБ;

где pпер.max – максимальная мощность оптического излучения передатчика,она равна(-3)дБм

pперегр.max– уровень перегрузки приемника,он равен (-8)дБм.



;

;

.

Так как в результате расчётов было получено LВ> Lα макс с учетом требуемой способности ВОЛП (В) на перспективу развития, то оборудование и кабель выбраны правильно.

Произведём размещение регенерационных пунктов. При выбранном варианте трассы она пролегает через населённый пункт Севск, где можно разместить обслуживаемый регенерационный пункт. Расстояние между Курском и Севском и Брянском не превышают максимального и минимального допустимого расстояния между регенерационными пунктами, то есть на трассе между оконечными пунктами и ОРП достаточно установить по одному необслуживаемому регенерационному пункту (НРП). Таким образом, схема размещения РП приведена на рис. 6.1.

**ОП 1**

**ОП 2**

**НРП 1**

**НРП 2**

**Курск**

**Казань**

**ВОЛП**

**83 км**

**ВОЛП**

**58 км**

**ВОЛП**

**58 км**

**ВОЛП**

**86 км**

**ОРП**

**Севск**

ОП 1

ОП 2

НРП 1

НРП 2

Самара

ОРП

Севск

Брянск

ВОЛП

**83 км**

ВОЛП

**58 км**

ВОЛП

**58 км**

ВОЛП

**86 км**

Е1

S1

.

**.**

**.**

S1

S1

S1

S1

S1

S1

S1

Е1

Рис. 6.1

# 7. Составление сметы на строительство линейных сооружений

Смета на строительство является основным документом, по которому осуществляется планирование капитальных вложений, финансирование строительства и расчета между подрядчиком и заказчиком за выполнение работы. В методических указаниях приведены расценки в ценах 1984 года. Пересчет сметной стоимости в цены текущего года осуществляется по коэффициенту пересчета, которые являются постоянно меняющимися и согласовываются между заказчиком и подрядчиком.

В курсовом проекте определяем затраты только на строительство и монтаж линейных сооружений.

Стоимость, определяемая локальными сметами, включает в себя прямые затраты, накладные расходы и плановые накопления.

Прямые затраты учитывают основную заработную плату на:

1. Прокладка кабеля вручную (прокладка ОК в траншею с автомобиля при помощи рабочих);

2. Прокладка кабеля кабелеукладчиком. Строительство магистральных и внутризоновых ВОЛС характеризуется большой протяженностью, различными климатическими, почвенно-грунтовыми и топографическими условиями. Прокладку ОК осуществляют комплексные механизированные колонны, в состав которых входят строительные машины и механизмы общестроительного назначения (тракторы, бульдозеры, экскаваторы и т.д.), а также специальные машины и механизмы для прокладки кабеля (кабелеукладчики, тяговые лебедки, пропорції грунта, машины для пролома грунта под препятствиями и др.).

3. Устройства перехода через автомобильные и железные дороги (ОК затягивают в асбоцементные и пластмассовые трубы) которые прокладываются закрытым (горизонтальным проколом, бурением) или открытым способом.

4. Устройства переходов через реки. Прокладка ОК на размытых берегах, имеющих уклон более 30 градусов, на подъемах и спусках, должна производится вручную зигзагообразно с отклонением от оси направления прокладки на 1,5 метра на участке длиной 5 метров. В скальных грунтах кабель прокладывают на песчаной подушке.

Глубина прокладки подземных ВОК в грунте 1-4 группы должна быть не менее 1,2 м. При пересечениях автомобильных и железных дорог прокладка ВОК проектируется в асбестоцементных трубах с выводом по обе стороны от подошвы насыпи или полевой бровки на длину не менее 1м.

Длина кабеля определяется следующим образом:



 - коэффициент, учитывающий эксплуатационный запас кабеля при прокладке в грунт, а 1,057 - при прокладке ОК в канализации.

 - протяжённость кабеля в канализации (3-4 км на город), .

Пусть с помощью кабелеукладчика производится прокладка 85% кабеля, а оставшиеся 15% в ручную. Тогда , . Окончательно, длина кабеля равна:



Рассчитаем количество муфт:

1) количество муфт по трассе:



2) количество муфт в колодцах кабельной канализации:



где  - строительная длина ОК, прокладываемого в кабельной канализации.

Общее количество муфт:

.

После составления локальной сметы составляется объектная смета (объединяющая в своем составе данные из локальных смет в целом на объект) на строительство линейных сооружений на участок ОП1 – ОП2.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование работ и материалов | Един.  Изм. | Количество на всю линию | Стоимость материалов и работ, руб | | Зарплата, руб. | |
| На ед. изм. | На всю линию | На ед. изм. | На всю линию |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Кабель | км | 297 | 9900 | 2940300 |  |  |
| Прокладка кабелем кабелеукладчиком | км | 212.75 | 66 | 14041.5 | 17.01 | 3606.12 |
| Прокладка кабеля вручную (с учетом рытья и засыпки траншеи) | км | 38.25 | 630 | 24097.5 | 580 | 22185 |
| Протягивание кабеля в канализации | км | 30 | 137 | 4110 | 74.2 | 2226 |
| Устройство переходов через шоссейные и железные дороги | Один переход | 31 | 275 | 8525 | 139 | 4309 |
| Устройство переходов через реки шириной:  До 100 м | Один переход | 18 | 80.6 | 1450.8 | 21 | 378 |

Таблица 7.1 Локальная смета на прокладку и монтаж оптического кабеля

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Монтаж, измерение и герметизация муфт | Шт. | 79 | 288 | 22752 | 102 | 8058 |
| Итого | | | | 3015276.3 |  | 40762.12 |
| Заработная плата | | | | 40762.12 |  |  |
| Накладные расходы на заработную плату 87% от Σ2 | | | | 35463.0444 |  |  |
| Итого (Σ1+1,87Σ2) | | | | 3091501.464 |  |  |
| Плановое накопление 8% от Σ3 | | | | 247320.1172 |  |  |
| Всего по смете (1+0,08) Σ3 | | | | 3338821.581 |  |  |

Таблица 7.2 Объектная смета на строительство линейных сооружений на участке ОП1 – ОП2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование работ и затрат | Сметная стоимость, тыс. руб. |
| 1 | Прокладка и монтаж кабеля РΣ | 3015276.3 |
| 2 | Временные здания и сооружения 3,2% | 96488.832 |
| 3 | Зимнее удорожание 4,5% | 135687.42 |
| 4 | Непредвиденные расходы 1,5% | 45229.14 |
|  | Итого по смете Собщ | 3292681392 |

Для оценки экономичности проекта определяются показатели единичной стоимости, т.е. стоимости 1 канало-километра и 1 км трассы проектируемой магистрали.

Эти показатели определяются по формулам:





Сравнивая полученные показатели аналогичных объектов, можно судить о правильности принятых в проекте решений.

# 8. Расчёт параметров надёжности ВОЛП

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

Надежность – комплексное свойство, которое в зависимости от условий строительства и эксплуатации, может включать долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость, либо определенное сочетание этих параметров. Надежность ОК – свойство сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения. При проектировании должна быть произведена оценка показателей надежности. В курсовом проекте необходимо рассчитать коэффициент готовности (Кг) и время наработки на отказ (То). Коэффициент готовности кабеля (ВОЛП) – вероятность того, что кабель (ВОЛП) окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых он подвергается профилактическому контролю. Наработка на отказ – среднее значение времени наработки между двумя последовательными отказами.

Время восстановления ОК – продолжительность восстановления работоспособного состояния двух или нескольких ОВ.

Требуемые показатели надежности для внутризоновой первичной сети (ВзПС) и магистральной первичной сети (СМП) ВСС РФ с максимальной протяженностью Lм (без резервирования) приведены в таблицах 8.1 и 8.2 в соответствии с РД 45.047 – 99.

Таблица 8.1 – Показатели надежности для ВзПС, LМ = 1400 км

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель надежности | Канал ТЧ или ОЦК независимо от применяемой системы передачи | Канал ОЦК на перспективной цифровой сети | АЛТ |
| Коэффициент готовности | >0,99 | >0,998 | 0,99 |
| Среднее время между отказами, час | >111,4 | >2050 | >350 |
| Время восстановления, час | <1,1 | <4,24 | См.  примечание |

Таблица 8.2 – Показатели надежности для СМП, LМ = 12500 км

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель надежности | Канал ТЧ или ОЦК независимо от применяемой системы передачи | Канал ОЦК на перспективной цифровой сети | АЛТ |
| Коэффициент готовности | >0,92 | >0,982 | 0,92 |
| Среднее время между отказами,час | >12,54 | >230 | >40 |
| Время восстановления,час | <1,1 | <4,24 | См.  примечание |
| Примечание: Для оборудования линейных трактов на ВзПС и СМП должно быть:  время восстановления НРП- Тв нрп < 2,5 час (в том числе время подъезда-2 часа);  время восстановления ОРП, ОП -Тв орп < 0,5 час;  время восстановления ОК- Тв ок < 10 час (в том числе время подъезда 3,5 часа) | | | |

Расчет параметров надежности в курсовом проекте будем производить для канала ОЦК на перспективной цифровой сети.

Среднее число (плотность) отказов ОК за счет внешних повреждений на 100 км. кабеля в год:

μ = 0,34

Тогда интенсивность отказов ОК за 1 час на длине трассы ВОЛП (L) определится как:



где: L =255 км – длина проектируемой магистрали;

8760 – количество часов в году.

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

 ,

где: Тв = 4,24 часа – время восстановления (из табл. 8.1),

а коэффициент готовности:



При длине канала (магистрали) L не равной Lм среднее время между отказами определяется как:



где: L – длина проектируемой ВОЛП, км;

Т0 – средне значение времени между отказами, ч.;

Т0 и Lм – из табл. 8.1 и 8.2.

Вычисляем коэффициент готовности:



Для случаев эксплуатации ВОЛП на основе оптимальной стратегии восстановления, начинающегося с обнаружения предотказного состояния объектов технической эксплуатации (ОТЭ), т.е. повреждения, необходимо для инженерных расчетов показателей надежности использовать выражение:



где: t1 = 3,5 ч.– время подъезда (из табл. 8.2).



Полученный в курсовом проекте коэффициент надёжности получился выше, чем требуется в нормативных показателях, что свидетельствует о высокой надёжности проектируемой ВОСП.

# Индивидуальное задание

Измерения, проводимые в процессе прокладки ОК

Проведение всестороннего тестирования линий в процессе строительства сети поможет свести к минимуму дорогостоящие и трудоемкие затраты сил и времени по поиску и устранению неисправностей, таких как проблемные соединения, загрязненные или поврежденные коннекторы и другие дефектные компоненты, еще до того как они приведут к перерыву в связи.

Назначение любой волоконно-оптической сети – осуществлять беспрерывную, высокоскоростную передачу данных с требуемым уровнем обслуживания. Для обеспечения этих показателей необходимо проводить измерения основных характеристик ВОЛС не только на этапах эксплуатации и поиска неисправностей, но и на этапе строительства сети.

Один из наиболее важных факторов, который необходимо учитывать для обеспечения оптимального функционирования сети, – это **контроль потерь оптической мощности**. Сеть должна быть сбалансирована! Иными словами, потери в каждой оптической линии не должны выходить за рамки **бюджета потерь**, определенного в спецификациях. Для обеспечения сбалансированности сети необходимо еще на этапе **планирования PON** определить общий бюджет потерь и рассчитать разветвители таким образом, чтобы разброс потерь между оконечными точками сети (абонентскими терминалами) сводился к минимуму и не выходил за рамки бюджета.

Еще одним немаловажным фактором является максимально возможное снижение значения обратных отражений **(ORL)**. Это особенно важно при передаче аналоговых видеосигналов большой мощности, вырабатываемых узкополосным лазером. Обратные отражения приводят к деградации подобных сигналов, что, в конечном итоге, негативно сказывается на качестве видеопередачи. Учет этих факторов и проведение необходимых измерений для предотвращения их негативного влияния приобретает еще большее значение, когда сеть включает старые кабели. Такие волокна, особенно при работе на длине волны 1550 нм, могут показывать значительно большее затухание, чем ожидается на этапе планирования.

Подытожив вышесказанное, можно выделить три основных направления **измерений характеристик ВОЛС** при строительстве и сдаче в эксплуатацию **сети PON**:

* Двунаправленное измерение оптических возвратных потерь (ORL)
* Двунаправленное измерение оптических потерь между двумя оконечными точками
* Двунаправленный рефлектометрический анализ линии

Набор измерительного оборудования для обеспечения необходимых измерений должен состоять из:

* измерителя оптических возвратных потерь **(ORL)**
* измерителя оптических потерь **(OLTS)**
* визуального дефектоскопа **(VFL)**
* детектора активного волокна **(LFD)**
* оптического рефлектометра **(OTDR)**
* измерителя мощности для PON

Измеритель мощности для **PON** должен иметь возможность разделения длин волн и измерения неравномерного, скачкообразного/пульсирующего трафика. VFL вводит излучение от яркого красного лазера в волокно, что позволяет найти дефекты, видимые невооруженным глазом, такие как: плохие сварки, обрывы и макроизгибы. LFD используются для обнаружения волокон, передающих сигнал, без разрыва связи.

В идеальном случае необходимо проводить **тестирование PON** после прокладки каждого сегмента. Например, после прокладки каждой секции оптического кабеля необходимо провести между оконечными точками рефлектометрический анализ и измерения ORL. После установки разветвителя - измерения основного (питающего) волокна между патч-панелью центрального устройства (OLT) и выходными портами разветвителя. После установки оконечных терминалов проводятся измерения между портом каждого терминала и патч-панелью волоконно-распределительного узла (распределительная патч-панель). Этот тест также может быть выполнен между портом оконечного терминала и патч-панелью OLT. В таком случае будет протестирована вся линия.

## 

## Двунаправленные измерения потерь

Оптические потери определяются как разница в уровне мощности между передающим источником и принимающим измерителем мощности. Общие потери оптической линии/системы рассчитываются как **сумма вносимых потерь (IL)** коннектора OLT, WDM мультиплексора, сварок, затухания в волокне, разветвителя, коннектора абонентского терминала (ONT) и всех соединений.

Вносимые потери – это потери оптической энергии в результате возникновения препятствия (установки компонента или устройства) на пути распространения света.

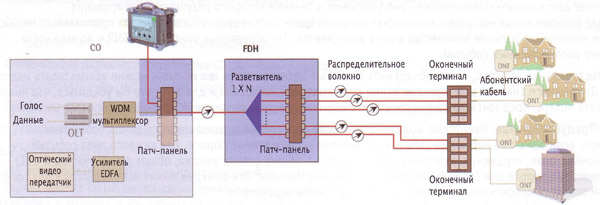
Потери могут быть измерены с использованием отдельного источника излучения и **измерителя оптической мощности (OPM)**. Типичный **OLTS** состоит из источника излучения и измерителя мощности, более продвинутые модели OLTS состоят из источника излучения и измерителя мощности, скомбинированных в одном корпусе, и тем самым особенно удобны для проведения двунаправленного тестирования, автоматического измерения опорного значения и анализа полученных результатов. Еще более продвинутые модели OLTS могут выполнять одновременное автоматическое двустороннее тестирование потерь и ORL, а также оценивать длину линии и хроматическую дисперсию.

## Анализ характеристик ВОЛС с помощью рефлектометра

В процессе строительства необходимо убедиться, что характеристики каждого кабельного участка соответствуют или превосходят значения указанные в спецификациях кабеля. Оптимальный способ решения этой задачи – использование **оптического рефлектометра** (OTDR).

В отличие от обычного измерителя потерь, **OTDR** отображает подробную карту событий (потерь, отражений, обрывов и т.д.) на всех участках волокна, что позволяет обнаружить и оценить каждый отдельный элемент в линии, включая коннекторы, сварки, разветвители, мультиплексоры и прочее.

Работа **OTDR** основывается на отправке мощного импульса излучения в волокно и измерении отраженного сигнала. Каждое событие в линии является причиной отражений или потерь (или того и другого): конец волокна, обрывы, коннекторы и другие компоненты отражают небольшую часть излучения назад к рефлектометру. Для расчета расстояния до каждого события **OTDR** использует время, которое необходимо каждому отдельному отражению для возврата обратно к детектору **рефлектометра**.



Тестирование основного и распределительных волокон от центрального офиса (CO) к оконечным терминалам

Для проведения анализа PON рефлектометр должен иметь возможность проводить измерения **на трех длинах волн (1310, 1490 и 1550 нм)**. Иногда, по причине того, что затухание сигнала на длине 1490 нм приблизительно на 0,02 дБ выше, чем на длине 1550 нм, проводят измерения только на двух длинах волн (1310 нм и 1550 нм). Такое допущение, особенно для современных волокон (**G.652С** и др.) с низким пиком воды, в общем, верно. Однако, для более старых типов волокон рекомендуется проводить измерения на длине волны 1490 нм для предотвращения эффекта пика воды.

В качестве общих требований к рефлектометру помимо измерения на трех основных длинах волн необходимо также выделить: динамический диапазон (достаточный для измерения линии), короткие **мертвые зоны событий** и затуханий, а также большое **пространственное разрешение**.

# Заключение

В результате проведения выше изложенных расчетов и рассуждений в данной курсовой работе была спроектирована магистральная ВОЛП, соединяющая между собой Курск и Брянск. На основе исходных данных было рассчитано необходимое число каналов, параметры оптического кабеля, по рассчитанным параметрам выбран тип оптического и тип аппаратуры. Также была приведена схема размещения регенерационных участков. В заключение всей курсовой работы была приведена смета на строительство и монтаж ВОЛП.

На рассматриваемом участке предложена схема размещения регенерационных пунктов. И как итог проведенной работы произведена экономическая оценка проекта, для чего составлена смета на строительство и монтаж линии, вычислена стоимость километра трассы и оценена её надёжность.

# Литература

1. Иванов А.Б. Волоконная оптика. Компоненты, системы передачи, измерения.-М, 1999.
2. Атлас автодорог России «РУЗ Ко»-М,2006.
3. А.Д. Ионов, Волоконно-оптические линии передачи, – Новосибирск: СибГУТИ, 1999г – 132 с.
4. Горлов Н.И., Микиденко А.В., Минина Е.А. Оптические линии связи и пассивные компоненты ВОСП. Учебное пособие. – Новосибирск: СибГУТИ, 2003., 232с.: ил.