

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ	5
1.1. Оформление курсовой работы	5
1.2. Содержание курсовой работы	8
2. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТРАССЫ ПРОЕКТИРУЕМОЙ МАГИСТРАЛИ.....	10
3. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА КАНАЛОВ НА МАГИСТРАЛИ	13
4. ВЫБОР УРОВНЯ STM И МАРКИ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ	20
5. КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ КАБЕЛЯ	23
6. ВЫБОР ТИПА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ МАГИСТРАЛИ.....	28
7. РАСЧЕТ ДЛИНЫ УЧАСТКОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ПО ЗАТУХАНИЮ.....	30
8. РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОЛС	38
9. РАЗБИВКА ТРАССЫ НА СЕКЦИИ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ	43
10.ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ	48
10.1. Способы прокладки оптических кабелей.....	48
10.2. Монтаж оптических кабелей.....	52
10.3. Вводы оптических кабелей в здания.....	53
10.4. Измерения при строительстве ВОЛС	54
11.ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОЛС.....	56
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	63
12. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ	71
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ..	72

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия развития современных телекоммуникационных сетей связи во всем мире базируется на использовании в качестве физической среды передачи оптических кабелей (ОК) с одномодовыми кварцевыми оптическими волокнами (ОВ). Требования и параметры оптических волокон регламентированы Рекомендациями G.652...G.656 Международного союза электросвязи – сектора стандартизации электросвязи (ITU-T).

В качестве оптимального средства развития и совершенствования оптических транспортных сетей сегодня широко используется технология синхронной цифровой иерархии SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Системы SDH являются основой современной транспортной сети, которая служит базой для всех существующих и перспективных служб. Пропускная способность сетей SDH достигает 40 Гбит/с (STM – 256).

Основными элементами транспортных телекоммуникационных сетей являются высокоскоростные ВОЛС (от 155 Мбит/с до 40 Гбит/с), мощные автоматические междугородные телефонные станции (АМТС) емкостью до сотен тысяч каналов, кроссконнекторы, обеспечивающие постоянную и полупостоянную коммутацию цифровых трактов, синхронные цифровые мультиплексоры, операционные системы, источники синхронизации.

Настоящее методическое руководство посвящено проектированию участка транспортной сети волоконно-оптической линии связи с использованием оборудования синхронных систем передачи SDH.

В курсовой работе на основе сравнительного анализа определяется оптимальный вариант прохождения трассы проектируемой магистрали между заданными населенными пунктами. В соответствии с рассчитанным количеством каналов, необходимым для организации связи, на

проектируемой магистрали, определяются типы и марки ОК, а также оборудование для построения транспортной сети. На основе рассчитанной длины регенерационной секции производится разбивка трассы на регенерационные и мультиплексные секции, и размещение оборудования на магистрали.

Данное методическое руководство, может быть рекомендовано в качестве пособия при выполнении выпускных квалификационных работ по проектированию ВОЛС.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

1.1. Оформление курсовой работы

Курсовая работа оформляется в виде пояснительной записки, отвечающей требованиям ГОСТа по оформлению.

Пояснительная записка либо пишется от руки, либо выполняется на компьютере на одной стороне листа белой бумаги формата А-4 (210x297 мм). Размеры полей рекомендуется выдерживать в пределах: сверху и снизу – 20мм., слева 25-30 мм., справа 10-15 мм.

Размерные показатели для рукописных текстов должны быть следующими:

абзацный доступ должен быть одинаковым и равен пяти знакам по тексту;

на одной странице сплошного текста должно быть 28-30 строк. Меньшее число строк допускается на начальных и конечных страницах раздела.

Пояснительная записка может быть набрана на компьютере шрифтом «Times New Roman», «Panda Times Uz».

Текст набирается через полуторный интервал. Размер шрифта основного текста 14. Все заголовки следует печатать жирным шрифтом, размер 16.

Текст пояснительной записки должен быть выровнен по полю правой стороны листа.

Содержание пояснительной записки делится на разделы. Каждый раздел рекомендуется начинать с нового листа. Разделы нумеруются арабскими цифрами. В одну строчку с номером пишется заголовок раздела. Все заголовки следует писать в центре строки. В заголовках нельзя делать переносы слов. Наименование разделов, слова «ОГЛАВЛЕНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ» в тексте пояснительной записки пишутся чертежным шрифтом и прописными (крупными) буквами.

В конце заголовка точку не ставят. Не допускается подчеркивание заголовка. Заголовки снизу отделяются от текста двумя интервалами (строчками).

Пояснительная записка должна быть иллюстрирована всеми необходимыми схемами, рисунками и чертежами, поясняющими выбор принятых в проекте решений.

Рисунки, чертежи и таблицы в пояснительной записке выполняются на отдельных листах белой бумаги или располагаются по тексту. Рисунки должны быть выполнены черными чернилами (пастой) в соответствии с правилами выполнения чертежей по ГОСТу.

Все рисунки и таблицы должны иметь номер и название. Они нумеруются в порядке их появления в тексте арабскими цифрами. Сначала указывается номер раздела, потом порядковый номер рисунка или таблицы

в этом разделе. Например: Рис. 1.2. (наименование рисунка); таблица 2.1. (наименование таблицы).

На каждый рисунок или таблицу в пояснительной записке делается обязательная ссылка с общим или подробным описанием представленного материала.

Расчетные формулы должны приводиться по тексту в середине строки в общем виде с объяснением буквенных обозначений. Формулы, на которые в дальнейшем делаются ссылки, необходимо нумеровать в пределах данного раздела, например, (2.2) – вторая формула второго раздела. Номер формулы заключается в круглые скобки и пишется у границы правого поля. Формулы, условные знаки, должны вписываться аккуратно чертежным шрифтом.

При выполнении расчетов в пояснительной записке должна быть приведена в общем виде расчетная формула и для одной исходной величины расчет приводится подробно, а для других исходных значений результаты расчетов приводятся лишь в таблицах.

Результаты расчетов оформляются в виде таблиц и графиков и завершаются выводами с обоснование полученных результатов.

Рисунки, таблицы, формулы отделяются от текста одним интервалом (одной строчкой) сверху и снизу.

Нумерация страниц должна быть сквозной от титульного листа до последней страницы, включая все рисунки, схемы, таблицы и т. п. Первой страницей является титульный лист, второй – исходные данные к курсовой работе, третьей оглавление, четвертой введение. На этих страницах номер не ставится, хотя и подразумевается.

Остальные страницы нумеруются арабскими цифрами. В рукописях номер страницы ставят в верхнем правом углу. При наборе текста на компьютере номер страницы ставят у верхней границы нижнего поля.

Если в пояснительной записке есть рисунки и таблицы, которые располагаются на отдельных листах, то их не нумеруют, но включают в общую нумерацию.

Разделы «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ» не нумеруют.

В список литературы включают все источники, на которые есть ссылки в пояснительной записке. Источники надо располагать в порядке появления ссылок на них в тексте.

Список литературы при необходимости можно подразделять на список основной и список дополнительной литературы.

Список литературы оформляется следующим образом: фамилия и инициалы автора (если их несколько, указать первых трех), полное название книги (по титульному листу), место издания в сокращенной форме (например, Ташкент – Т., Москва – М.), издательство, год издания, количество страниц.

Место издания от предыдущих сведений отделяют точка с тире. Перед названием издательства ставят двоеточие (:). Название издательства указывают без кавычек. Год издания отделяют от предшествующих сведений запятой. В конце ставят точку. Перед количеством страниц ставят тире. Например: М.: Связь, 2005. – 306 с.

1.2. Содержание курсовой работы

Задание на курсовую работу выдается преподавателем каждому студенту индивидуально.

Технологический процесс разработки проекта на линейные сооружения связи состоит из изыскания и проектирования.

Изыскания представляют своей целью поиск недостающих исходных

данных, на основе которых принимаются проектные решения.

При выполнении курсовой работы студентом разрабатываются вопросы, охватывающие следующие разделы.

- 1) Выбор и обоснование трассы проектируемой магистрали.
- 2) Расчет количества каналов на магистрали.
- 3) Выбор уровня STM и марки оптического кабеля.
- 4) Конструктивный расчет кабеля.
- 5) Выбор типа оборудования для проектируемой магистрали.
- 6) Расчет длины участков регенерации по затуханию.
- 7) Расчет пропускной способности ВОЛС.
- 8) Разбивка трассы на секции мультиплексирования и регенерации.
- 9) Техничко-экономическое обоснование строительства ВОЛС.

Курсовая работа должна обязательно содержать в своем составе последовательно:

- титульный лист
- исходные данные к курсовой работе
- оглавление
- введение
- основной текст пояснительной записки
- заключение
- список литературы.

Заполнение титульного листа и исходных данных к курсовой работе производится по приложенному образцу (Приложение 1 и Приложение 2).

Во введении кратко рассматриваются существующие положения по данной теме в области телекоммуникаций, формулируется постановка задачи курсовой работы.

В заключение следует привести общие выводы и рекомендации.

2. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТРАССЫ ПРОЕКТИРУЕМОЙ МАГИСТРАЛИ

При проектировании трассы прокладки оптических кабельных линий связи, учитывая высокую стоимость оптического кабеля и возможность передачи по нему большого потока информации, а также то обстоятельство, что трасса прокладки кабеля существенно влияет на технико-экономическую эффективность всего комплекса сооружений связи, как при строительстве, так и при последующей эксплуатации, вопросу выбора трассы прокладки оптического кабеля следует уделять повышенное внимание.

Выбор трассы проектируемой магистрали определяется прежде всего расположением конечных пунктов и выбирается с учетом наименьшего объема работ по строительству, возможности механизации работ, обеспечения наиболее благоприятных условий эксплуатационного обслуживания и наименьших затрат по защите кабеля от всякого рода неблагоприятных воздействий.

Для соблюдения указанных требований трасса должна иметь наикратчайшее расстояние между заданными пунктами, и наименьшее число препятствий, усложняющих и удорожающих стоимость строительства (водные преграды, дороги и прочие препятствия).

Трасса должна проходить через населенные пункты с целью обеспечения их связью. В черте города оптические кабели прокладываются в городской телефонной канализации (существующей либо вновь прокладываемой).

За пределами населенных пунктов трасса, как правило, должна проходить вдоль магистральных автомобильных дорог, а при отсутствии последних – вдоль железных дорог.

Допускается спрямление трассы прокладки кабеля, если прокладка вдоль автомобильной или железной дороги значительно ее удлиняет, а проход по прямой заметно сокращает расход кабеля и удешевляет стоимость строительства без ухудшения условий эксплуатации.

Глубина прокладки подземных оптических кабелей, также как и электрических – 1,2 м.

Кабельные переходы через водные преграды (реки, озера, водохранилища и т.д.) можно выполнять путем прокладки под водой, по мосту или путем подвески на опорах. Наиболее надежной является подводная прокладка.

Особенностью оптического кабеля является его невосприимчивость к внешним электромагнитным влияниям. Поэтому трассу волоконно-оптической кабельной линии связи можно выбирать в непосредственной близости от высоковольтных ЛЭП, электрифицированных железных дорог, мощных радиостанций, энергетических установок и кабельных линий электрической связи. Более того, оптический кабель можно подвешивать на опорах ЛЭП или контактной сети электрифицированного транспорта, что, в ряде случаев, существенно снижает строительные и эксплуатационные расходы.

Обычно между заданными пунктами бывает несколько возможных вариантов прокладки оптического кабеля и оптимальный выбирается на основе технико-экономического сравнения.

Для выбора варианта трассы составляется ситуационный чертеж прокладки кабеля. В курсовой работе необходимо привести выкопировку из карты всех возможных вариантов трассы. На чертеже указываются конечные и промежуточные пункты для нескольких вариантов (не менее трех) прохождения трассы, пересечения трассы с автодорогами и железными дорогами, водными преградами. Анализ возможных вариантов

трассы строительства производится по следующим критериям:

- протяженность трассы;
- число населенных пунктов с гарантированным электроснабжением вдоль проектируемой магистрали (в таких пунктах возможна организация регенерационных пунктов);
- число пересечений с естественными и искусственными препятствиями.

Результаты сравнительного анализа оформляются в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.1

Варианты прохождения трассы проектируемой магистрали

Номер варианта	Населенные пункты, через которые проходит магистраль	Длина трассы, км	Число пересечений с:		
			ш/д	ж/д	водными преградами
1					
...					
n					

На основе сравнительного анализа выбирается оптимальный вариант строительства трассы, наиболее отвечающий всем указанным выше требованиям.

3. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА КАНАЛОВ НА МАГИСТРАЛИ СВЯЗИ

Участок транспортной сети, организованной между заданными городами, будет регионального или национального уровня (рис 3.1).

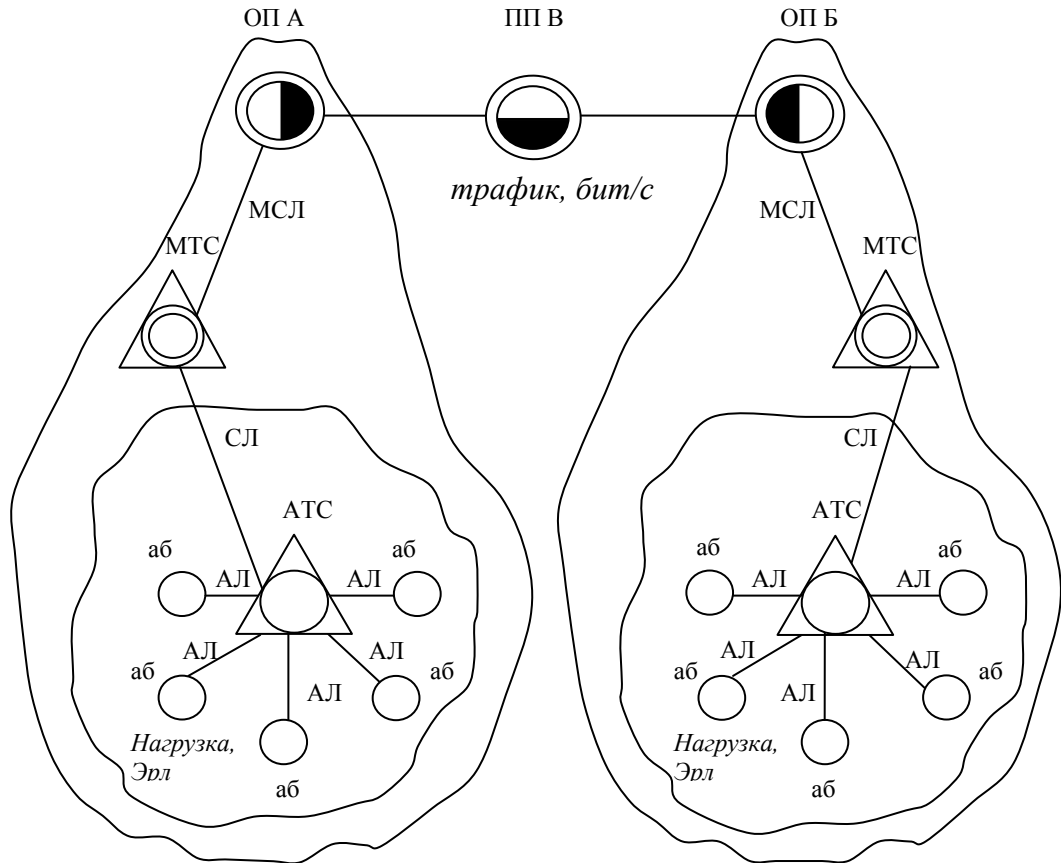


Рис. 3.1. Схема организации участка транспортной сети регионального (национального) уровня

Региональный (национальный) участок транспортной сети строится по следующему принципу. Между двумя оконечными пунктами (ОП А и ОП Б) располагается один или несколько промежуточных транзитных пунктов (ПП В). Оконечные и промежуточные пункты располагаются в линейно-аппаратных цехах (ЛАЦ) междугородной телефонной станции. В

ЛАЦ размещается оборудование многоканальных систем передачи. К оборудованию ОП через стационарные соединительные линии подключается коммутационное оборудование АМТС. АМТС в свою очередь по межстанционным соединительным линиям соединяется с АТС городской телефонной сети. Абоненты подключаются к АТС по абонентским линиям. Абоненты, устанавливая соединения между городами на АТС и АМТС, образуют нагрузку. Различают поступившую, обслуженную и потерянную нагрузку. Единицей измерения нагрузки является время. Нагрузка, отнесенная к продолжительности периода, в течение которого она наблюдалась, называется интенсивностью нагрузки и измеряется в эрлангах (Эрл). Интенсивность нагрузки в эрлангах представляет собой среднее число одновременно существующих занятий в течение рассматриваемого интервала времени. Нагрузка, передаваемая через транспортную сеть, называется трафиком транспортной сети и измеряется в скорости передачи двоичных импульсов, т.е. в бит/с (Мбит/с, Гбит/с). Трафик транспортной сети определяет необходимое количество организуемых каналов между оконечными пунктами.

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 населенном пункте и в его подчиненных окрестностях может быть определена на основании статистических данных последней переписи населения в республике. При перспективном проектировании следует учесть также прирост населения.

Количество населения в заданном пункте и его подчиненных окрестностях с учетом среднего прироста населения определяется по формуле:

$$H_t = H_0 \left(1 + P/100 \right)^t, \text{ чел.}, \quad (3.1)$$

где H_0 – народонаселение в период проведения переписи, чел;

P – среднегодовой прирост населения в данной местности, %;

t – период перспективного проектирования, лет.

Период перспективного проектирования определяется как разность между назначенным годом проектирования и годом проведения переписи населения и принимается на 5 лет вперед.

$$\text{Следовательно:} \quad t = (t_{\text{пр}} - t_0) + 5, \text{ лет} \quad (3.2)$$

где $t_{\text{пр}}$ – год выполнения проекта,

t_0 - год проведения переписи населения.

Количество абонентов в зоне действия АМТС определяется по формуле:

$$m_{\text{аб}} = m \cdot H_t, \text{ абон.}, \quad (3.3)$$

где $m = 0,3$ – коэффициент, учитывающий количество абонентов, подключенных к АМТС.

Степень заинтересованности населения во взаимосвязи зависит от политических, экономических, культурных и социальных отношений. Взаимосвязь между заданными окончными и промежуточными пунктами определяется на основании статистических данных, полученных

предприятиями связи за предшествующие проектированию годы. Эта взаимосвязь выражается через коэффициент тяготения f , который колеблется в широких пределах (от 0,1 до 12 %).

Учитывая это, а также то обстоятельство, что телефонные каналы в междугородней связи имеют преобладающее значение, необходимо определить сначала количество телефонных каналов между заданными конечными пунктами.

Для расчета телефонных каналов используют приближенную формулу:

$$N_{\text{ТЛФ}} = \alpha \cdot Y \cdot f \cdot \frac{m_{\text{аб}}^{\text{А}} m_{\text{аб}}^{\text{Б}}}{m_{\text{аб}}^{\text{А}} + m_{\text{аб}}^{\text{Б}}} + \beta, \text{ ОЦК}, \quad (3.4)$$

где α, β – постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям;

f – коэффициент тяготения, %;

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

$m_{\text{аб}}^{\text{А}}, m_{\text{аб}}^{\text{Б}}$ – количество абонентов, обслуживаемых АМТС, соответственно в пунктах А и Б.

Постоянные коэффициенты α и β зависят от числа установленных соединений и длительности разговоров при заданных нормах на потери вызовов. Допустимые нормы на потери $p = 1; 2; 3; 5; 10$ % в зависимости от типа АТС. Для АТСЭ обычно нормируется потери 3-5 %. Коэффициенты α и β зависят также от доступности D . Доступность – это число линий, через которые можно установить соединения в одном направлении. Доступность может изменяться в пределах от 2 до 60.

Значения коэффициентов α и β в зависимости от заданного значения

доступности приведены в таблице 3.1.

В соответствии с Рекомендациями ИТУ-Т удельная нагрузка Y , создаваемая одним пользователем квартирного сектора, не должна превышать: 0,03; 0,06; 0,1; 0,17 Эрл. Эти нормы соответствуют времени занятия линии 0,25 час и количеству установленных соединений: 1,2; 2,4; 4,4; 6,6. Для усредненных расчетов удельная нагрузка берется равной на одного пользователя $Y = 0,01$ Эрл в ЧНН.

По кабельным магистралям, кроме телефонных, организуют каналы и других видов связи: телеграфные, факсимильные, передачи данных, передачи газетных полос, проводного вещания, а также телевидения.

Для организации передачи данных, факсов через телефонные каналы, используются основные цифровые каналы (ОЦК), поэтому их количество целесообразно выразить, удвоив количество телефонных каналов, рассчитанных по формуле (3.4).

Под передачу газетных полос не выделяются специальные каналы, а используются телефонные каналы в час наименьшей нагрузки, поэтому нет необходимости учитывать их при расчете общего количества каналов.

При организации канала вещания высшего класса используются 3 ОЦК.

Каналы телевидения бывают трех классов. Каналы телевидения высшего класса организуются на основе третичного цифрового тракта (480 ОЦК со скоростью передачи информации 34 Мбит/с, причем 27 Мбит/с используются для передачи изображения, а 7 Мбит/с как канал звукового сопровождения).

Каналы телевизионного вещания среднего класса организуются на основе вторичного цифрового тракта (120 ОЦК со скоростью передачи сигнала 8 Мбит/с) и используются чаще всего в коммерческом телевидении.

Таблица 3.1

Значения коэффициентов α и β

D_3	$p=0,001$		$p=0,002$		$p=0,003$		$p=0,005$		$p=0,01$	
	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
2	31,6	0,7	22,4	0,6	18,3	0,5	14,2	0,4	10,0	0,3
3	10,0	1,1	7,92	1,0	6,93	0,9	5,85	0,8	4,64	0,7
4	5,62	1,5	4,72	1,4	4,27	1,3	3,76	1,2	3,16	1,1
5	3,98	1,9	3,47	1,8	3,19	1,7	2,88	1,6	2,51	1,5
6	3,16	2,3	2,82	2,2	2,63	2,1	4,41	2,0	2,15	1,9
7	2,68	2,7	2,42	2,6	2,29	2,5	2,13	2,4	1,93	2,2
8	2,37	3,1	2,17	3,0	2,07	2,9	1,93	2,7	1,77	2,5
9	2,15	3,5	1,99	3,3	1,90	3,2	1,80	3,0	1,66	2,7
10	1,99	3,8	1,86	3,6	1,79	3,5	1,70	3,3	1,58	2,9
11	1,87	4,2	1,76	3,9	1,70	3,8	1,62	3,6	1,52	3,1
12	1,78	4,5	1,68	4,2	1,62	4,1	1,55	3,9	1,46	3,3
13	1,71	4,8	1,61	4,5	1,56	4,4	1,50	4,2	1,42	3,5
14	1,64	5,1	1,55	4,8	1,51	4,7	1,46	4,4	1,39	3,7
15	1,58	5,4	1,51	5,1	1,47	4,9	1,42	4,6	1,36	3,9
16	1,54	5,7	1,47	5,4	1,44	5,1	1,39	4,8	1,33	4,1
17	1,50	6,0	1,44	5,6	1,41	5,3	1,36	5,0	1,31	4,3
18	1,47	6,3	1,41	5,8	1,38	5,5	1,34	5,2	1,29	4,5
19	1,44	6,6	1,38	6,0	1,36	5,7	1,32	5,4	1,27	4,7
20	1,41	6,9	1,36	6,3	1,34	5,9	1,30	5,6	1,25	4,9
21	1,39	7,1	1,34	6,5	1,32	6,1	1,28	5,8	1,24	5,1
22	1,37	7,3	1,32	6,7	1,30	6,3	1,27	6,0	1,23	5,3
23	1,35	7,5	1,31	6,9	1,28	6,5	1,26	6,2	1,22	5,5
24	1,33	7,7	1,30	7,1	1,27	6,7	1,25	6,4	1,21	5,6
25	1,31	7,9	1,28	7,3	1,26	6,9	1,24	6,6	1,20	5,7
26	1,30	8,1	1,27	7,5	1,25	7,1	1,23	6,8	1,19	5,8
27	1,29	8,3	1,26	7,7	1,24	7,3	1,22	7,0	1,18	5,9
28	1,28	8,5	1,25	7,9	1,23	7,5	1,21	7,2	1,17	6,0
30	1,26	8,9	1,23	8,3	1,21	7,9	1,19	7,5	1,16	6,2
32	1,24	9,3	1,21	8,7	1,20	8,2	1,18	7,7	1,15	6,4
34	1,22	9,7	1,20	9,1	1,19	8,5	1,17	7,9	1,14	6,6
36	1,21	10,1	1,19	9,5	1,18	8,8	1,16	8,1	1,13	6,8
38	1,20	10,5	1,18	9,9	1,17	9,1	1,15	8,3	1,12	7,0
40	1,19	10,9	1,17	10,2	1,16	9,4	1,14	8,5	1,12	7,3
43	1,17	11,4	1,15	10,6	1,14	9,8	1,13	9,0	1,11	7,5
46	1,16	11,8	1,14	11,0	1,13	10,2	1,12	9,5	1,10	7,8
50	1,15	12,2	1,13	11,5	1,12	10,8	1,11	10,0	1,09	8,2

Каналы телевизионного вещания низшего класса организуются на основе первичного цифрового тракта (30 ОЦК, со скоростью передачи сигнала 2 Мбит/с) и используются для организации телемостов, так как, вследствие использования дешевых кодеров без ЗПУ, происходит задержка звукового сопровождения.

Тогда общее число каналов, организуемых на магистрали можно рассчитать по формуле:

$$N_{\text{общ}} = 2N_{\text{тлф}} + n_{\text{вщ}}N_{\text{вщ}} + n_{\text{тв}}N_{\text{тв}}, \text{ ОЦК}, \quad (3.5)$$

где $N_{\text{тлф}}$ - число телефонных каналов, рассчитанных по формуле (3.4), ОЦК;

$n_{\text{вщ}}$ - количество государственных программ звукового вещания;

$N_{\text{вщ}}$ - количество ОЦК, необходимое для организации одного канала звукового вещания;

$n_{\text{тв}}$ - число каналов телевизионного вещания (государственного или коммерческого), ОЦК;

$N_{\text{тв}}$ - количество ОЦК, для организации одного телевизионного канала.

4. ВЫБОР УРОВНЯ СИНХРОННОГО ТРАНСПОРТНОГО МОДУЛЯ STM И МАРКИ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

При проектировании волоконно-оптических линий связи предполагается использование цифровых систем передачи синхронной цифровой иерархии SDH.

Передача цифровой информации в таких ЦСП производится блочными циклическими структурами, следующими с периодом повторения 125 мкс и называемыми транспортными модулями STM. Транспортные модули подразделяются по уровням, т.е. по скорости передачи цифровой информации и, соответственно, по количеству передаваемых каналов. Различают пять уровней транспортных модулей SDH (табл.4.1).

Таблица 4.1

Уровни транспортных модулей SDH

Уровень транспортного модуля SDH	Транспортный модуль	Скорость передачи, Мбит/с	Количество телефонных каналов
Первый уровень SDH	STM-1	155,52	1890
Второй уровень SDH	STM-4	622,08	7560
Третий уровень SDH	STM-16	2488,32	30240
Четвертый уровень SDH	STM-64	9953,28	120960
Пятый уровень SDH	STM-256	39813,12	483840

Исходя из уровня проектируемой сети, выбирается соответствующий транспортный модуль, обеспечивающий передачу необходимого числа каналов.

Возможен случай, когда одного транспортного модуля будет недостаточно для организации необходимого количества каналов между пунктами, поэтому количество модулей определяется:

$$n_{\text{тр.мод}} = \frac{N_{\text{общ}}}{N_{\text{STM-N}}}, \text{ шт.}, \quad (4.1)$$

где $N_{\text{общ}}$ – общее количество каналов, организуемых на проектируемой магистрали, ОЦК;

$N_{\text{STM-N}}$ – количество каналов, обеспечиваемых транспортным модулем соответствующего уровня STM-N ($N = 1, 4, 16 \dots$), ОЦК.

Передача и прием оптических, сформированных в виде транспортных модулей, ведутся по двум оптическим волокнам и осуществляются на одной длине волны λ (двухволоконная, однополосная, однокабельная система организации связи).

Одним из основных преимуществ технологии SDH является возможность такой организации сети, при которой достигается не только высокая надежность ее функционирования, обусловленная использованием ВОК, но и возможность сохранения или восстановления (за 50 мс) работоспособности сети даже в случае отказа одного из ее элементов или среды передачи – кабеля. Существуют различные методы обеспечения быстрого восстановления работоспособности сети SDH, одним из которых является резервирование участков сети по схемам 1+1 и 1:1, т.е.

использование резервных волокон, или четырехволоконная схема организации связи.

При этом необходимое количество волокон в кабеле будет равно:

$$n_{\text{ОВ}} = n_{\text{тр.мод.}} (2_{\text{осн.}} + 2_{\text{рез.}}), \text{ ОВ}, \quad (4.2)$$

где $n_{\text{тр.мод.}}$ – число транспортных модулей;

$2_{\text{осн.}}$ – число основных оптических волокон;

$2_{\text{рез.}}$ – два резервных волокна.

Зная необходимое количество волокон в кабеле, можно определить марку кабеля для проектируемой магистрали. При выборе марки кабеля обязательно следует учитывать все условия его прокладки, а именно, в городской телефонной канализации, грунте или при переходе через водные преграды, с учетом современных методов прокладки ОК, таких как сооружение ВОЛС путем подвески оптического кабеля на опорах линии электропередачи и электрифицированных железных дорог, пневмопрокладка оптического кабеля в защитные пластмассовые трубы небольшого диаметра, которая применима не только для строительства городских сетей, но и при строительстве междугородных и международных линий связи. Кроме линейных кабелей, необходимо выбрать стационарные кабели, для прокладки внутри помещений узлов связи и оптические шнуры для концевой заделки и коммутации оптических кабелей связи.

В курсовой работе дается краткая характеристика выбранных типов кабелей и приводятся рисунки поперечного разреза этих кабелей, с указанием элементов конструкции кабеля.

5. КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ КАБЕЛЯ

Оптический кабель представляет собой совокупность ОВ, уложенных в оптические модули, объединенные в общий кабельный сердечник, заключенный во влагозащитную оболочку и защитные покровы (рис.5.1).

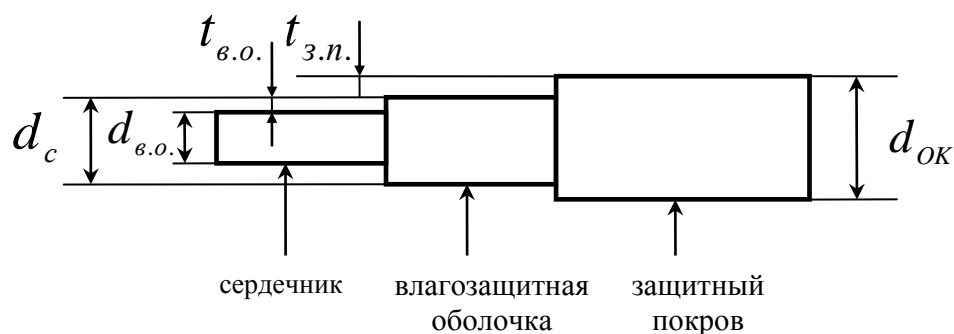


Рис.5.1. Конструкция оптического кабеля связи

Целью конструктивного расчета волоконно-оптического кабеля является определение его внешнего диаметра.

Конструкции волоконно-оптических кабелей в основном имеют сердечники двух модификаций – повивной скрутки и одномодульные.

В том и другом случае основу кабеля составляют так называемые оптические модули (ОМ), служащие для защиты световодов от механических воздействий, воздействий от влаги и др. Обычно внутри модуля размещается от 1 до 12 оптических волокон (ОВ). Если модуль содержит 1 ОВ, то он называется одноволоконным, если несколько – многоволоконным. Модули заполнены гидрофобной массой.

Для повышения механической прочности волоконно-оптических кабелей связи с модульной конструкцией ОМ свиваются вокруг центрального элемента, который при этом может служить опорой как для защиты от продольного изгиба, так и для защиты от нагрузок на растяжение. Наряду с одно- и многоволоконными ОМ в различном

исполнении (полая трубка, профилированный, ленточный) могут дополнительно свиваться в сердечник кабеля заполнители (кордели). Совокупность этих скручиваемых элементов и силовых элементов, предотвращающих изгиб и нагрузки на растяжение, а также скрепляющие ленты или оболочки вокруг них, если таковая имеется, образуют сердечник кабеля (рис.5.2).

В волоконно-оптической кабельной технике, в основном, применяется повивная скрутка элементов сердечника.

Рассмотрим методику конструктивного расчета кабеля, имеющего повивную скрутку сердечника.

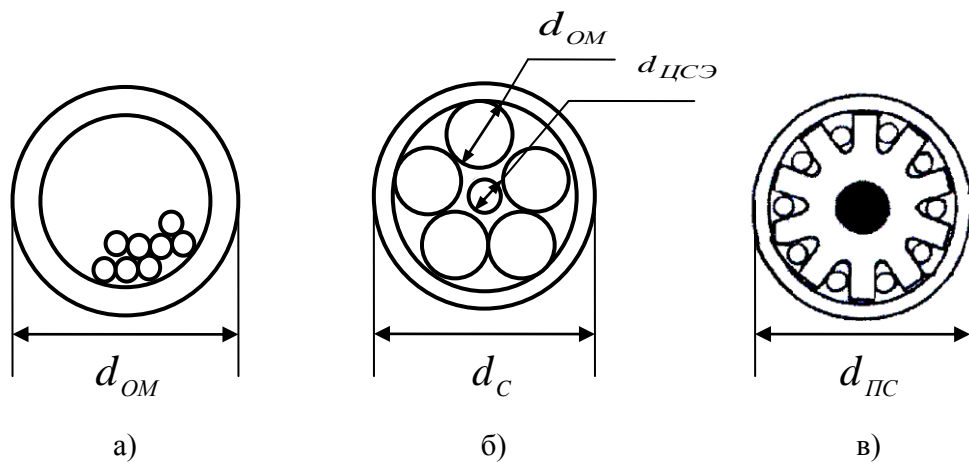


Рис.5.2. Конструкция сердечника ОК: а) одномодульный; б) многомодульный; в) профилированный

Модули скручены повивом вокруг центрального силового элемента, образуя сердечник кабеля (рис.5.2,б).

Диаметр сердечника по повиву в данном случае определяется как:

$$d_{пов.} = d_{ц.с.э.} + 2d_{OM}, \text{ мм}, \quad (5.1)$$

где $d_{\text{пов.}}$ – диаметр модуля кабеля, мм;

$d_{\text{ц.с.э.}}$ – диаметр центрального силового элемента, мм;

$d_{\text{ом}}$ – диаметр оптического модуля, мм.

Межмодульное пространство сердечника также заполнено гидрофобной массой.

Если в конструкции ОК имеется несколько повивов (p), то диаметр сердечника по последнему повиву

$$d_p = d_{\text{пов.}} + 2(p - 1) \cdot d_{\text{ом}}, \quad (5.2)$$

где p – число повивов кабеля.

Заканчивается конструкция сердечника кабеля поясной изоляцией.

Диаметр сердечника с учетом поясной изоляции рассчитывается по формуле:

$$d_{\text{серд.}} = d_{\text{пов.}} + 2t_{\text{п.из.}}, \text{ мм}, \quad (5.3)$$

где $d_{\text{серд.}}$ – диаметр сердечника по поясной изоляции, мм;

$t_{\text{п.из.}}$ – толщина лент поясной изоляции, мм.

Поверх поясной изоляции кабеля имеют внутреннюю оболочку (обычно полиэтиленовую), которая предотвращает попадание влаги к сердечнику кабеля.

Диаметр по внутренней оболочке

$$d_{\text{вн.о.}} = d_{\text{серд.}} + 2t_{\text{вн.о.}}, \text{ мм}, \quad (5.4)$$

где $d_{\text{вн.о.}}$ — диаметр по внутренней оболочке, мм;

$t_{\text{вн.о.}}$ — толщина оболочки, мм.

На внутреннюю оболочку накладывается металлическая (часто гофрированная) оболочка, защищающая кабель от механических воздействий, так называемый бронепокров, под которым находится подушка.

Диаметр по подушке определяется следующим образом:

$$d_{\text{под.}} = d_{\text{вн.о.}} + 2t_{\text{под.}}, \text{ мм}, \quad (5.5)$$

где $d_{\text{под.}}$ — диаметр по подушке, мм;

$t_{\text{под.}}$ — толщина подушки, мм.

Диаметр по металлической оболочке бронепокрова

$$d_{\text{бр.}} = d_{\text{под.}} + 2t_{\text{бр.}}, \text{ мм}, \quad (5.6)$$

где $d_{\text{бр.}}$ — диаметр по броне, мм;

$t_{\text{бр.}}$ — толщина металлической оболочки, мм.

При наличии гофрированной брони ее толщина определяется с учетом высоты гофров. Наружный диаметр оболочки по выступам гофра, т.е., собственно, диаметр гофрированной оболочки $d_{\text{вг}}$ определяется теоретической высотой (глубиной) гофра h . В этом случае

$$d_{\text{вг}} = d_{\text{бр.}} + 2h, \text{ мм}. \quad (5.7)$$

Металлическая оболочка сверху защищена внешней оболочкой из полиэтилена.

Диаметр по внешней оболочке, т.е. внешний диаметр кабеля, рассчитывается по формуле:

$$d_{\text{ОК}} = d_{\text{бр.}} + 2t_{\text{внеш.об.}}, \text{ мм}, \quad (5.8)$$

где $d_{\text{ОК}}$ — диаметр по внешней оболочке, мм;

$t_{\text{внеш.об.}}$ — толщина внешней оболочки, мм.

В зависимости от назначения кабеля, условий его прокладки, он может иметь в своей конструкции различные дополнительные защитные покрытия. При конструктивном расчете также необходимо учитывать их толщину.

Особым типом кабеля одноповивной скрутки является кабель с профилированным сердечником (ПС). В нем ОВ свиваются послойно не в трубках ОМ, а в заранее сформированных пазах, которые проложены спиралеобразно в поверхности ПС (рис. 5.2., в).

При известной величине диаметра профилированного сердечника ($d_{\text{ПС}}$) диаметр ОК с такими же покрытиями, как в предыдущем расчете, определяется:

$$d_{\text{ОК}} = d_{\text{ПС}} + 2t_{\text{п.из.}} + 2t_{\text{вн.об.}} + 2t_{\text{под.}} + 2t_{\text{бр.}} + 2t_{\text{п.из.}} + 2t_{\text{внеш.об.}}, \text{ мм} \quad (5.9)$$

При повивной скрутке сердечника ОК из нескольких одинаковых профилированных элементов диаметр сердечника ОК определяется по

формуле (5.9). В этом случае в выражении (5.1) вместо $d_{\text{ом}}$ принимается $d_{\text{пс}}$.

6. ВЫБОР ТИПА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ МАГИСТРАЛИ

Транспортные сети с использованием технологии SDH создаются из отдельных элементов: мультиплексоров, кроссконнекторов, концентраторов, регенераторов и терминального оборудования.

Основным функциональным модулем технологии SDH является синхронный цифровой мультиплексор. Мультиплексоры SDH выполняют как функции мультиплексора, так и функции устройств терминального доступа, позволяя подключать низкоскоростные каналы PDH иерархии к своим входным портам. Они могут также выполнять задачи коммутации и регенерации, так как выполняемые функции определяются лишь возможностями системы управления и составом элементов.

Эти мультиплексоры соединяются между собой синхронными оптическими линейными трактами с использованием волоконно-оптических кабелей. Максимальное расстояние между мультиплексорами SDH необходимо знать при планировании топологии транспортной сети. Это расстояние зависит от многих факторов, основными из которых являются:

- тип оптического волокна в оптическом кабеле, используемом при проектировании транспортной сети;
- выбранная рабочая длина волны;

- тип оптического излучателя и его максимальная оптическая мощность;
- тип фотоприемника и его минимальная оптическая мощность.

Типы оптических кабелей, используемых при проектировании участка транспортной сети между заданными городами, и их основные технические характеристики приведены в главе 4.

Выбор типа синхронного цифрового мультиплексора зависит от уровня транспортной сети. В главе 3, в соответствии с численностью населения в заданных городах и потребным количеством каналов, между этими городами было определено, что проектируемая сеть должна работать на уровне STM-N (где N=1,2,4,16...).

На основании заданной фирмы – производителя оптического кабеля, необходимо обосновать и выбрать тип синхронного цифрового оборудования для проектируемой магистрали.

Дать краткую характеристику и привести структурную схему выбранного мультиплексора.

Параметры оптического интерфейса STM-N, выбранного синхронного цифрового мультиплексора, необходимые для расчета длины регенерационных участков между мультиплексорами SDH оформить в виде таблицы 6.1.

Рекомендация G.957 определяет три широкие категории применений оптических секций, при этом выделяются три категории: I (inside) – внутристанционная секция, длиной до 2 км, S (short) – короткая межстанционная секция, порядка 15 км, и L (long) – длинная межстанционная секция, порядка 40 км (при длине волны 1310 нм) и 80 км (при длине волны 1550 нм).

Рекомендация G.957 содержит определение и нормируемые значения параметров оптического линейного тракта. Для достижения совместимости

оптический передатчик, оптический приемник и собственно волокно нормируется отдельно: первый в точке S, непосредственно после оптического разъема передатчика, второй – в точке R, непосредственно перед оптическим разъемом приемника, а волокно – между точками S и R .

Для всех параметров указываются наихудшие значения, которые должны выдерживаться во всех допустимых рабочих условиях (в диапазонах температуры и влажности) с учетом старения. Линейный код для всех случаев – двоичный код NRZ, скремблированный по Рекомендации G.709.

Таблица 6.1

Параметры оптического интерфейса STM-N мультиплексора SDH

Цифровой сигнал		
Номинальная скорость передачи, битов		
Код приложения	Дальнее	
	S -	L -
1	2	3
Диапазон рабочих длин волн, нм		
Передатчик в опорной точке S <ul style="list-style-type: none"> • Тип источника Максимальная среднеквадратичная ширина спектральной характеристики, нм • Средняя направляемая мощность, дБм Максимум Минимум 		
Приемник в опорной точке R <ul style="list-style-type: none"> • Минимальная чувствительность, дБм 		
Допустимые потери в кабеле, дБ		
Расстояние передачи (типичное), км		
Запас для системы, дБ		

7. РАСЧЕТ ДЛИНЫ УЧАСТКОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ПО ЗАТУХАНИЮ

К основным характеристикам ВОЛС относятся: заданное качество передачи информации, характеризуемое вероятностью (коэффициентом) ошибки, длина регенерационного участка и скорость передачи информации. Именно эти показатели, в значительной мере, определяют технико-экономические характеристики оптических линейных трактов.

Наиболее существенной особенностью оптических линейных трактов является большая длина участков регенерации.

Максимальная длина регенерационного участка – расстояние, на которое можно передать оптический сигнал без восстановления, обеспечивая заданную вероятность ошибки и заданное отношение сигнал/шум.

Длина регенерационного участка ВОЛС зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются:

- коэффициент затухания оптического волокна;
- энергетический потенциал цифровой ВОСП;
- дисперсия оптического волокна.

Затухание оптического волокна является главным фактором при проектировании оптических линейных трактов и определении длины регенерационного участка, т.е. эти потери при прохождении по волоконному световоду должны быть минимальными для того, чтобы можно было передавать информацию на большие расстояния без установки ретрансляторов. Степень ослабления света определяется коэффициентом затухания $\alpha_{ОВ}$ (дБ/км), который в общем виде равен:

$$\alpha_{ОВ} = \alpha_{п} + \alpha_{р} + \alpha_{к}, \quad (7.1)$$

где $\alpha_{\text{п}}$ и $\alpha_{\text{р}}$ – коэффициенты затухания, обусловленные потерями на поглощение и рассеивание световой энергии соответственно, дБ/км;

$\alpha_{\text{к}}$ – дополнительные или кабельные потери, возникающие при изготовлении и прокладке кабеля, дБ/км.

Коэффициент затухания $\alpha_{\text{п}}$ (дБ/км), связанный с потерями на диэлектрическую поляризацию, зависит от свойств материала ОВ (n_1 и $\text{tg}\delta$) и рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{\text{п}} = 8,69 \cdot \frac{\pi \cdot n_1}{\lambda} \cdot \text{tg}\delta \cdot 10^3, \quad (7.2)$$

где n_1 – показатель преломления материала сердцевины ОВ;

$\text{tg}\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь в материале сердцевины ОВ;

λ – рабочая длина волны, мкм.

Коэффициент затухания $\alpha_{\text{р}}$ обусловлен неоднородностями материала волоконного световода, расстояние между которыми меньше длины волны, и тепловой флуктуацией показателя преломления. Потери на рассеяние называются рэлеевскими, и они определяют нижний предел потерь, который с увеличением длины волны уменьшается пропорционально длине волны λ в четвертой степени.

Составляющую коэффициента затухания ОВ $\alpha_{\text{р}}$ (дБ/км) за счет рэлеевского рассеивания можно определить из выражения:

$$\alpha_p = 4,34 \cdot \frac{8\pi^3 \cdot (n_1^2 - 1)}{3 \cdot \lambda^4} \cdot \beta \cdot k \cdot T \cdot 10^3, \quad (7.3)$$

где n_1 – показатель преломления материала сердцевины ОВ;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана;

$T = 1500$ К – температура затвердевания стекла при вытяжке;

$\beta = 8,1 \cdot 10^{-11}$ м²/Н – коэффициент сжимаемости (для кварца).

Коэффициент затухания α_k определяется деформацией оптических волокон в процессе изготовления кабеля, вызванной скруткой, изгибом, отклонениями от прямолинейного расположения и термомеханическими воздействиями на волокно при наложении оболочек и покрытий на сердечник кабеля, а также дефектами, возникающими при транспортировке кабеля к месту прокладки и механическими напряжениями при прокладке ОК. Эти дополнительные потери определяются в основном процессами рассеяния энергии на неоднородностях (микротрещины, микро- и макроизгибы) в местах деформации волокна.

Составляющую коэффициента затухания ОВ α_k (дБ/км), связанную с дополнительными потерями на рассеяние, можно определить из выражения:

$$\alpha_k \leq 20\%(\alpha_p + \alpha_n). \quad (7.4)$$

Согласно Рекомендации G.651 ИТУ-Т смонтированный регенерационный участок по своему составу является неоднородным, т.к. состоит из монтажных шнуров и станционных кабелей, прокладываемых в помещениях телефонных станций, а за пределами – линейного кабеля,

включающего множество соединенных строительных длин.

Параметры регенерационного участка определяются не только характеристиками отдельно взятых строительных длин, но и качеством монтажных работ (потерями на стыках строительных длин), а также потерями на разъёмных соединителях.

Расчетная схема регенерационного участка волоконно-оптической линии связи по затуханию приведена на рис. 7.1.

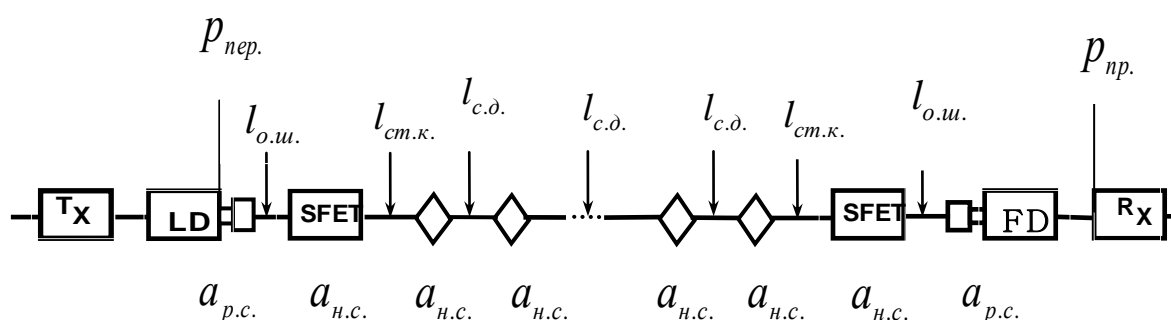


Рис. 7.1. Схема регенерационного участка по затуханию

Как следует из рис.7.1., затухание регенерационного участка $a_{p,y}$ (дБ) равно:

$$a_{p,y} = \alpha_{o.ш.} l_{o.ш.} + \alpha_{ст.к.} l_{ст.к.} + \alpha_{об} l_{p,y.} + n_{p.c.} a_{p.c.} + n_{н.с.} a_{н.с.} + a_t + a_z, \quad (7.5)$$

где $\alpha_{o.ш.}, \alpha_{ст.к.}$ – коэффициенты затухания ОВ, оптического шнура и станционного кабеля, соответственно, дБ/км;

$l_{o.ш.}$ – длина оптического шнура, км. Стандартные оптические шнуры имеют длины 1; 3; 5 метров или по требованию заказчика;

$l_{ст.к.}$ – длина станционного кабеля, км. Длина станционного кабеля может варьироваться от нескольких метров до нескольких километров. В расчетах можно принять $l_{ст.к.} = (30 \dots 100 \text{ м})$;

$\alpha_{ОВ}$ – затухание ОВ линейного кабеля, дБ/км;

$a_{р.с.}, a_{н.с.}$ – затухание, вносимое одним разъемным соединителем или одним неразъемным (сварным) соединением, соответственно, дБ;

$n_{р.с.}$ – количество разъемных соединений;

$n_{н.с.}$ – количество неразъемных (сварных) соединений оптического волокна;

a_t – допуски на температурные изменения параметров элементов линейного тракта ВОЛС (0,5...1,5), дБ;

$a_з$ – аппаратный запас, дБ.

Количество разъемных соединений на одном регенерационном участке обычно принимается равной 2 – в местах подключения к аппаратуре.

Число неразъемных соединений определяется из выражения:

$$n_{н.с.} = \text{Ц} \left[\frac{l_{л.к.}}{l_{с.д.}} - 1 \right] + 4, \quad (7.6)$$

где $l_{л.к.}$ – длина линейного кабеля на регенерационном участке, км;

$l_{с.д.}$ – строительная длина кабеля, км;

1 – число неразъемных соединений на линейном участке кабеля на единицу меньше числа строительных длин;

4 – число неразъемных соединений на обоих концах регенерационного участка, в местах перехода с линейного кабеля на станционный, а затем на оптический шнур;

Ц – символ, означает округление в сторону большего числа.

Аппаратурный запас (запас для системы) учитывает возможные изменения характеристик аппаратуры (деградация лазера, нестабильность синхросигнала и порога в схеме принятия решения, накопление джиттера и др.) и оптического кабеля со временем, а также возможные ремонтно-восстановительные работы на ОК в процессе эксплуатации ВОЛС, приводящие к дополнительным срезкам волокон (потери на неразъемных соединениях).

Длина регенерационного участка, определяется не только параметрами волоконно-оптического кабеля, но и параметрами оконечной аппаратуры линейного тракта. Максимальное допустимое затухание оптического сигнала в оптическом кабеле, в разъемных и неразъемных соединениях на участке регенерации, а также другие потери в узлах аппаратуры определяются энергетическим потенциалом ВОСП. Энергетический потенциал зависит от скорости передачи оптического сигнала в линейном тракте, технического уровня элементов электрооптических и оптоэлектронных преобразователей длины волны и типа используемого источника излучения. Энергетический потенциал \mathcal{E} (дБ), величина, характеризующая необходимый перепад уровней для нормальной работы аппаратуры, определяется как разность между минимальным уровнем мощности оптического сигнала $P_{пер.}$, введенного в оптическое волокно, и уровнем мощности $P_{пр.}$, определяющим минимальную чувствительность приемника, при котором коэффициент ошибок регенератора не превышает заданного значения, установленного для данной системы передачи.

$$\mathcal{E} = P_{пер.} - P_{пр.}, \text{ дБ.} \quad (7.7)$$

Энергетический потенциал рассчитывается по данным таблицы 6.1.

Для регенерационного участка обязательно должно выполняться условие:

$$\mathcal{E} \geq a_{p.y.}$$

Если исходить из затухания с учетом всех потерь, имеющих место в линейном тракте, то длину регенерационного участка $l_{p.y.}$ (км) можно найти по формуле:

$$l_{p.y.} \leq \frac{\mathcal{E} - \alpha_{o.ш} l_{o.ш} - \alpha_{ст.к} l_{ст.к} - n_{p.c} a_{p.c} - n_{н.с} a_{н.с} - a_t - a_z}{\alpha_{OB}}. \quad (7.8)$$

Все величины в формуле 7.8 известны, кроме n – числа неразъемных оптических соединений.

Определим длину регенерационного участка $l_{p.y.max}$, считая, что затухание, вносимое неразъемными соединениями, равно нулю. При таком допущении, длина регенерационного участка определится из выражения:

$$l_{p.y.max} \leq \frac{\mathcal{E} - \alpha_{o.ш} l_{o.ш} - \alpha_{ст.к} l_{ст.к} - n_{p.c} a_{p.c} - n_{н.с} a_{н.с} - a_t - a_z}{\alpha_{OB}}. \quad (7.9)$$

Теперь, зная $l_{p.y.max}$ по формуле (7.6), определим количество неразъемных соединений на регенерационном участке.

Затухание, вносимое этими соединениями, равно $n_{н.с} a_{н.с}$. Следовательно, длина регенерационного участка $l_{p.y.max}$ должна быть уменьшена на величину:

$$\Delta l_{p.u.} = \frac{n_{н.с.} a_{н.с.}}{\alpha_{OB}}, \quad (7.10)$$

С учетом формулы (7.6), (7.9) и (7.10) определяем длину регенерационного участка:

$$l_{p.u.} = l_{p.u.max} - \Delta l_{p.u.}, \text{ км.} \quad (7.11)$$

Если выбранный в главе 6 синхронный цифровой мультиплексор работает на двух длинах волн, то все вышеприведенные расчеты выполняются для каждой рабочей длины волны.

На основании сравнительного анализа, полученных расчетных величин, делается вывод о выборе проектной длины регенерационного участка $l_{\text{проект.}}$.

8. РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОЛС

В общем виде ограничивающим фактором при выборе длины участка регенерации может быть как затухание α , так и дисперсия τ . Затухание приводит к ослаблению сигнала и уменьшению дальности передачи l_a ; дисперсия приводит к ограничению пропускной способности световода ΔF , которая сказывается тем сильнее, чем длиннее линия $l_{\Delta F}$.

Дисперсия – это рассеяние во времени и в пространстве спектральных или модовых составляющих оптического импульса, что

ведет к увеличению его длительности при распространении его по оптическому волокну.

В одномодовых ступенчатых световодах проявляется хроматическая (частотная) дисперсия. В величину хроматической дисперсии τ основной вклад вносят две составляющие: волноводная дисперсия $\tau_{\text{ВВ}}$ и материальная дисперсия $\tau_{\text{Мат}}$.

$$\tau = \sqrt{(\tau_{\text{ВВ}} + \tau_{\text{Мат}})^2}, \text{ пс.} \quad (8.1)$$

Волноводная (внутримодовая) дисперсия $\tau_{\text{ВВ}}$ обусловлена процессами внутри моды. Она характеризуется направляющими свойствами сердцевины ОВ, а именно: зависимостью групповой скорости моды от длины волны оптического излучения $\gamma = \varphi_1(\lambda)$, что приводит к различию скоростей распространения частотных составляющих излучаемого спектра. Поэтому волноводная дисперсия, в первую очередь, определяется профилем показателя преломления ОВ и пропорциональна ширине спектра излучения источника $\Delta\lambda$, т.е.

$$\tau_{\text{ВВ}} = \Delta\lambda \cdot l \cdot B(\lambda), \quad (8.2)$$

где $\Delta\lambda$ – ширина спектра излучения источника, нм;

l – длина линии, км;

$B(\lambda)$ – удельная волноводная дисперсия, $\frac{\text{пс}}{\text{нм} \cdot \text{км}}$.

Материальная дисперсия в ОВ обусловлена зависимостью показателя преломления от длины волны $n = \varphi_2(\lambda)$. Являясь составной частью

хроматической дисперсии (так же как и волноводная дисперсия), материальная дисперсия $\tau_{\text{мат}}$ зависит от ширины передаваемого спектра частот.

$$\tau_{\text{мат}} = \Delta\lambda \cdot l \cdot M(\lambda), \quad (8.3)$$

где $\Delta\lambda$ – ширина спектра излучения источника, нм;

l – длина линии, км;

$M(\lambda)$ – удельная материальная дисперсия, $\frac{\text{пс}}{\text{нм} \cdot \text{км}}$.

Значения $B(\lambda)$ и $M(\lambda)$, в зависимости от рабочей длины волны, приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Длина волны λ , мкм	1,31	1,55
$B(\lambda), \frac{\text{пс}}{\text{нм} \cdot \text{км}}$	8	12
$M(\lambda), \frac{\text{пс}}{\text{нм} \cdot \text{км}}$	-5	-18

Явление дисперсии приводит к тому, что при прохождении последовательности прямоугольных импульсов (цифрового сигнала) через определенную длину ОВ, импульсы будут уширяться и, в итоге, станет невозможным разделение двух соседних импульсов, т.е. возникнут ошибки передачи. Таким образом, дисперсия является основным фактором, ограничивающим пропускную способность, или ширину полосы пропускания ОВ.

При оценке ширины полосы частот $\Delta F(l_{p.y.})$ одномодового волокна длиной $l_{p.y.}$ необходимо проверить выполнение следующего условия:

ширина полосы частот источника излучения $\Delta F_{ист}$ должна быть больше ширины полосы частот ΔF_m модулирующего сигнала или $\Delta\lambda > \Delta\lambda_m$, где $\Delta\lambda$ и $\Delta\lambda_m$ – соответственно диапазон длин волн, излучаемый источником излучения, и диапазон длин волн модулирующего сигнала. Для этого случая справедливо соотношение:

$$\Delta F(l_{p.y.}) = \frac{k}{\tau \cdot \Delta\lambda \cdot l_{p.y.}}, \quad (8.4)$$

где k – коэффициент, зависящий от формы сигнала. При гауссовой форме сигнала $k=1,3$;

τ – хроматическая дисперсия одномодового волокна, пс.

Для проверки условия $\Delta\lambda > \Delta\lambda_m$ рассчитывается диапазон длин волн модулирующего сигнала:

$$\Delta\lambda_m = \frac{2 \cdot \Delta F(1) \cdot \lambda^2}{c_0}, \quad (8.5)$$

где $\Delta F(1)$ – полоса частот волокна длиной 1 км, МГц;

λ – рабочая длина волны источника излучения, мкм;

c_0 – скорость распространения света в вакууме, м/с.

Дисперсия в оптическом волокне оказывает влияние также и на

быстродействие системы передачи.

Полное допустимое быстродействие системы определяется скоростью передачи B_0 линейного цифрового сигнала, типом линейного кода и рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{доп}} = \frac{\beta}{B_0}, \text{ нс,} \quad (8.6)$$

где β – коэффициент, учитывающий характер линейного сигнала (вид линейного кода);

B_0 – номинальная скорость передачи цифрового сигнала, Мбит/с.

В соответствии с Рекомендациями ИТУ-Т линейным кодом транспортных систем SDH является код NRZ. Для кода NRZ $\beta=0,7$.

Общее ожидаемое быстродействие ВОСП определяется по формуле:

$$t_{\text{ож}} = 1,111 \sqrt{t_{\text{пер}}^2 + t_{\text{пр}}^2 + t_{\text{ОВ}}^2}, \quad (8.7)$$

где $t_{\text{пер}}$ – быстродействие передающего оптического модуля (ПОМ), зависящее от скорости передачи информации и типа источника излучения, нс.;

$t_{\text{пр}}$ – быстродействие приемного оптического модуля (ПОМ), определяемое скоростью передачи информации и типом фотодетектора, нс;

$t_{\text{ОВ}}$ – уширение импульса на длине регенерационного участка, нс.

Уширение импульса на длине регенерационного участка определяется из выражения:

$$t_{ОВ} = \tau \cdot l_{р.у.}, \quad (8.8)$$

где τ – хроматическая дисперсия одномодового волокна, пс;
 $l_{р.у.}$ – длина регенерационного участка по затуханию, км.

Станционное и линейное оборудование ВОЛП будут обеспечивать безискаженную передачу линейного сигнала при выполнении условия $t_{ож} < t_{доп.}$.

Запас быстродействия ВОЛП составляет:

$$\Delta t = t_{доп} - t_{ож.}, \text{ нс.} \quad (8.9)$$

По результатам расчетов $\Delta F(l_{р.у.})$ и Δt сделать выводы.

9. РАЗБИВКА ТРАССЫ НА СЕКЦИИ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ

Сеть SDH большой протяженности можно представить в виде последовательного соединения ряда секций, специфицированных в Рекомендациях ITU-T G.957 и G.958 (рис.9.1).

Маршрут ЦСП синхронно-цифровой иерархии состоит из

регенерационных и мультиплексных секций.

Принято различать три типа стандартизированных участков (секций) – оптическая секция (участок от точки электронно-оптического до точки опто-электронного преобразователя сигнала), мультиплексная секция и регенерационная секция.

Мультиплексные секции организуются между соседними терминальными мультиплексорами и мультиплексорами ввода/вывода.

Регенерационные секции организуются между соседними мультиплексорами, работающими в режиме регенераторов или между регенератором и мультиплексором (терминальным, ввода/вывода).

И регенерационные и мультиплексные секции являются оптическими секциями, поскольку сети SDH строятся, преимущественно, на базе волоконно – оптического кабеля.

Разбивка трассы производится вначале на секции мультиплексирования, а затем на секции регенерации. Мультиплексоры ввода/вывода цифровых потоков устанавливаются обычно в крупных узловых центрах на протяжении магистрали. Затем, мультиплексные секции разбиваются на регенерационные секции длиной $l_{p.c.}$.

При размещении регенерационных пунктов на проектируемой магистрали следует руководствоваться следующими требованиями:

- длина регенерационной секции не должна превышать расчетную; длины всех регенерационных секций должны быть приблизительно равны;
- размещать регенерационные пункты желательно в населенных пунктах с гарантированным электроснабжением (в помещениях узлов связи, в помещениях необслуживаемых радиорелейных станций или в технических помещениях электрических подстанций);

- при размещении регенерационных пунктов, необходимо предусмотреть технологический запас длины оптического кабеля (по 10 м с каждого конца строительной длины кабеля), учитывающий возможные обрывы оптического кабеля и необходимость монтажа вставки. Этот запас увеличивает затухание регенерационного участка на 5–6 дБ, поэтому рассчитанную проектную длину регенерационного участка необходимо уменьшить приблизительно на 15%, а оставшийся кабель укладывать в местах монтажа муфт как запас.

$$l_{p.c.} = l_{p.y.} - 0,15l_{p.y.}, \quad (9.1)$$

где $l_{p.c.}$ – длина регенерационной секции, с учетом технологического запаса кабеля, км;

$l_{p.y.}$ – рассчитанная проектная длина регенерационного участка, км.

При разбиении трассы проектируемой магистрали на регенерационные секции, проектная длина регенерационного участка выбирается с таким расчетом, чтобы при использовании любой из двух длин волн затухание оставалось в пределах допустимого значения.

Для определения количества регенераторов, которые необходимо установить на проектируемой магистрали, используют формулу:

$$N_{p.c.} = \frac{L}{l_{p.c.}} - 1, \quad (9.2)$$

где L – протяженность проектируемой магистрали, км;

$l_{p.c.}$ – проектная длина регенерационного участка для выбранной аппаратуры, км.

Пользуясь результатами расчета и данными таблицы 2.1, определяется необходимое количество мультиплексоров и регенераторов на участке организуемой транспортной сети соответствующего уровня.

Данные о необходимом количестве мультиплексоров и регенераторов приводятся в таблице 9.1.

Таблица 9.1

**Необходимое количество MUX и REG на проектируемой
магистрали**

Наименование участка	Протяженность, км	Количество мультиплексоров и регенераторов		
		TM	ADM	REG
1				
...				
n				

Приводится схема размещения мультиплексоров и регенераторов на магистрали, в соответствии с рис. 9.1.

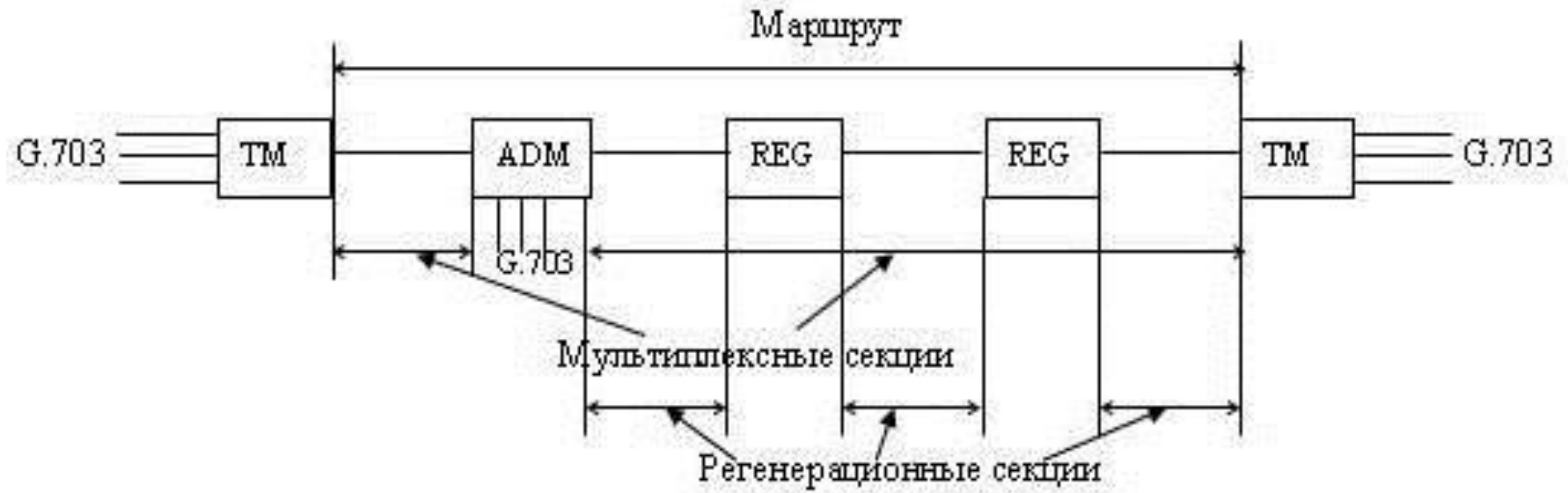


Рис. 9.1. Сеть SDH большой протяженности и ее сегментация

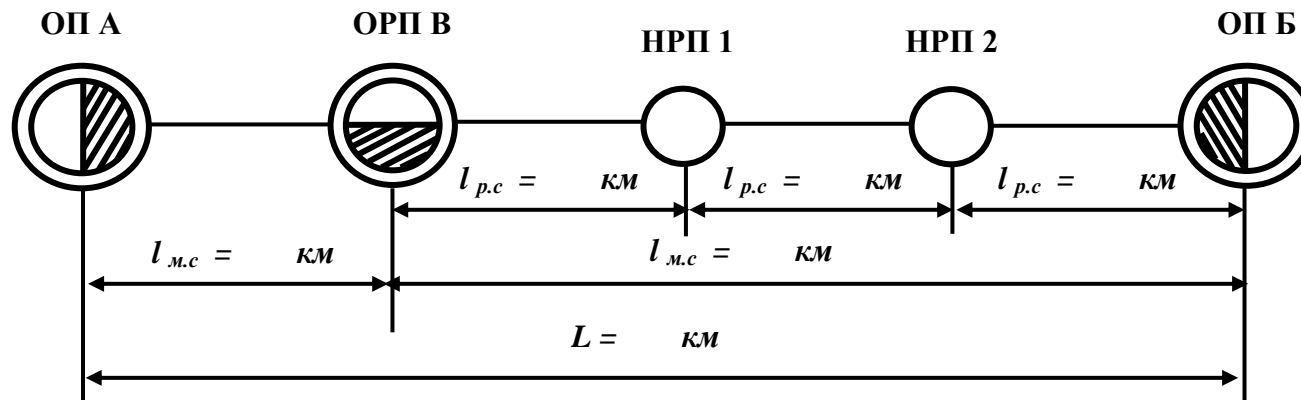


Рис. 9.2. Электрическая схема магистрали

10. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНО – МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

10.1. Способы прокладки оптических кабелей

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.). Учитывая 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 необслуживаемых регенерационных пунктов, 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 грозových 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.

Прокладка ОК в траншею выполняется, если рельеф местности и дорожные условия не позволяют использовать технику при множественных пересечениях с подземными коммуникациями или другими препятствиями, а также при возможных повреждениях кабелеукладчиком дренажных устройств. Траншеи разрабатываются траншеекопателями, цепными или одноковшовыми экскаваторами, а при небольших объемах работ и в стесненных условиях – вручную. Прокладка кабеля производится с выноской вручную всей строительной длины вдоль траншеи и последующим опусканием кабеля в траншею. По окончании укладки ОК, траншею засыпают вынутым грунтом, который затем уплотняют.

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

При прокладке ОК на сложных участках трассы (речные переходы, болота, овраги, участки с большим количеством подземных сооружений – газо- и нефтепроводы и др.) используется метод горизонтально-наклонного бурения, позволяющий осуществить бурение горизонтально-наклонной скважины (с последующим затягиванием в нее защитной трубы и ОК) на глубине 1,2 км на длине до 30 м под пересекаемыми препятствиями.

Прокладка ОК через водную преграду предусматривает сооружение двух участков перехода (створов), разнесенных друг от друга на

расстояние около 300 м. При наличии моста на участке организации речного перехода нижний створ ОК прокладывается по мосту. На береговых участках ОК речного перехода соединяется муфтовым соединением с ОК, проложенным в грунт. Для удобства доступа к муфтам стыка грунтового ОК и ОК речного перехода целесообразно размещать их и технологические запасы длин ОК внутри пункта оптического доступа типа ПОД.

Прокладка ОК на морских и прибрежных участках (как правило, начиная с глубин 6 м) осуществляется специализированным кабельным судном. Конструкция ОК определяется его назначением и условиями прокладки, в частности, на протяженной линии связи ОК содержит медные жилы для обеспечения дистанционного электропитания регенераторов.

Учитывая, что при прокладке ОК на прибрежном участке имеется высокая вероятность повреждения кабеля из-за приливных воздействий и жизнедеятельности человека, к ОК для прокладки на этом участке предъявляются наиболее высокие требования по механической стойкости, а сама прокладка ОК производится преимущественно с заглублением ОК в грунт, с применением подводных кабелеукладчиков.

При прокладке ОК на городском участке сети, как правило, используется имеющаяся инфраструктура (кабельная канализация, коллекторы, туннели).

Для прокладки в кабельной канализации, учитывая вероятность повреждений ОК грызунами, наиболее целесообразно использовать ОК с броней из стальной гофрированной ленты или же, при наличии повышенных требований по стойкости к электромагнитным воздействиям (например, на территории электроподстанций), диэлектрических ОК с броней из стеклопластиковых стержней.

Прокладка ОК в специальные (защитные пластмассовые) трубы.

Защитная полиэтиленовая труба (ЗПТ) – современная альтернатива традиционной асбестоцементной трубе кабельной канализации. ЗПТ может быть использована как для увеличения емкости традиционной кабельной канализации путем прокладки ее в каналы существующей кабельной канализации, так и для прокладки непосредственно в грунт, фактически выполняя функции междугородной кабельной канализации.

ЗПТ представляет собой трубу диаметром 25 – 63 мм (строительная длина в среднем 2 км) из полиэтилена высокой плотности с, имеющимся на внутренней поверхности, антифрикционным покрытием. Нормируемый срок службы ЗПТ составляет не менее 50 лет.

Применение ЗПТ при сооружении волоконно-оптических линий связи позволяет, однократно выполнив прокладку нескольких каналов ЗПТ, эффективно затем ее использовать, проводя последующую прокладку ОК в резервные каналы ЗПТ или же, производя по мере необходимости, замену ОК без необходимости проведения земляных работ.

Учитывая, что ЗПТ обеспечивает эффективную механическую защиту и защиту от грызунов прокладываемого в нее ОК, к кабелям не предъявляются высокие требования по механическим характеристикам. Поэтому для прокладки в ЗПТ наиболее целесообразно использовать недорогие легкие (небронированные) ОК, в том числе диэлектрические.

Прокладка ОК в ЗПТ, как правило, осуществляется методом пневмопрокладки с использованием специализированного оборудования, обеспечивающим возможность «задувки» в ЗПТ максимальных строительных длин ОК (величиной 4...6 км), без необходимости их разрезания и перемотки на участках пересечения с подземными сооружениями.

Для подвески на опорах воздушных линий связи, опорах ЛЭП и опорах контактной сети и автоблокировки железных дорог преимущественно используются диэлектрические самонесущие ОК, с целью обеспечения их стойкости к электромагнитным воздействиям (гроза, стационарные и аварийные режимы работы ЛЭП и электрифицированных железных дорог). Основным конструктивным элементом ОК, обеспечивающим его стойкость к растягивающим нагрузкам при подвеске на опорах, являются арамидные нити, в связи с чем для крепления ОК на опорах используется преимущественно спиральная натяжная и поддерживающая арматура.

При подвеске ОК на опорах воздушных линий связи, как вариант подвески, может использоваться ОК с креплением к внешним несущим элементам (например, отдельному несущему тросу).

Альтернативой диэлектрическому ОК при подвеске ОК на ЛЭП высокого напряжения (110 кВ и выше) является оптический кабель, встроенный в грозотрос (ОКГТ), выполняющий одновременно функции и оптического кабеля для передачи информации, и грозозащитного троса линии электропередачи.

10.2. Монтаж оптических кабелей

Типовые значения строительных длин ОК составляют в настоящее время 2, 3, 4 и 6 км. В связи с этим, при строительстве протяженных магистралей на стыках строительных длин выполняется монтаж соединительных муфт.

В качестве оптических муфт преимущественно используются муфты тупиковой конструкции, обеспечивающие возможность ввода в них не

менее трех ОК (с учетом требований, предъявляемых аварийно-восстановительными работами), а также возможность выводов проводов к контрольно-измерительным пунктам (КИП) от металлических бронепокровов (или металлопластмассовой оболочки) ОК. Муфты должны отвечать целому ряду технических требований, в том числе требованиям герметичности, прочности заделки ОК, укладки оптических волокон с допустимым радиусом изгиба и т.д. Немаловажным эксплуатационным требованием к оптической муфте является обеспечение возможности ее вскрытия и последующей герметизации без необходимости применения расходных материалов.

В местах стыка строительных длин ОК предусматривается технологический запас длины ОК (длиной не менее 10 м с каждой стороны строительной длины кабеля), 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. Для этого муфту и технологический запас длины ОК перед засыпкой грунтом накрывают механически прочными материалами или же размещают в малогабаритном пункте доступа.

При прокладке кабеля, на стыке строительных длин, а также на поворотах трассы, в местах пересечений с шоссе, железными дорогами, реками и другими препятствиями, устанавливаются замерные столбики из железобетона с постоянной нумерацией. Сечение столбика 0,15 x 0,15 м, высота 1,2 м (наземная часть 0,5 м, подземная – 0,7 м). Столбики устанавливают на расстоянии 0,1 м от осевой линии трассы, обычно на полевой стороне.

10.3. Вводы оптических кабелей в здания

Ввод оптического кабеля в здания объектов связи (сетевые узлы, ОП, ОРП, здания АМТС и АТС и др.) осуществляется через специально оборудованные помещения ввода кабелей, которые называются шахтами. Шахты размещаются в полуподвальном помещении здания, а при отсутствии такового, на первом этаже с устройством приемников в полу помещения.

Оптический кабель через стационарный колодец заводится в шахту здания объекта связи, где линейный ОК с полиэтиленовой оболочкой с помощью соединительной муфты стыкуется с таким же внутриобъектовым ОК (без металлических конструктивных элементов, с оболочкой из материала, не распространяющего горение). По помещениям станции в целях пожарной безопасности допускается прокладка кабелей только с оболочками из негорючих материалов (например, поливинилхлоридная оболочка).

Далее этот кабель по межэтажным кабельростам поступает в оптический ЛАЦ к вводной стойке оптического кабеля (ETS – V RACK) или к оптическому оконечному устройству (оптическому кроссу SFET), где оптические волокна внутриобъектового ОК соединяются с оптическими соединительными (монтажными) шнурами. Устройства стыка имеют набор кассет, в которых закрепляются после сварки сростки волокон. Для удобства эксплуатации, оптические шнуры заканчиваются разъемами, обеспечивающими подключение к аппаратуре – кассетам оборудования линейного оптического тракта.

10.4. Измерения при строительстве ВОЛС

При строительстве ВОЛС рекомендуется следующий объем измерений.

При приемке кабеля от заказчика рефлектометром измеряют параметры оптических волокон только на барабанах, которые имеют внешние повреждения или предельные значения затухания по паспорту хотя бы у одного ОВ, и принимается решение о возможности прокладки этого кабеля.

Перед прокладкой ОК на каждой строительной длине рефлектометром измеряют затухание всех ОВ. Измерения желательно проводить в условиях, указанных в паспорте (длина волны, индекс или коэффициент скорости распространения, длительность зондирующего импульса и т.д.). Если эти условия обеспечить нельзя, это учитывают при сопоставлении данных паспорта с измеренными.

После прокладки ОК на каждой строительной длине проводят контрольные измерения затухания всех ОВ. В паспорт также записывают маркерное (по меткам на кабеле) значение длины на конце проложенной линии.

После прокладки каждой строительной длины ОК мегомметром измеряют электрическое сопротивление изоляции шланга между броней и «землей».

При монтаже муфт после укладки сростка в кассету рефлектометром проводят контрольное измерение его затухания. Если оно не превышает 0.05 дБ и расхождение показаний рефлектометра и сварочного устройства в пределах погрешности измерений, сращивание ОВ считается законченным. В противном случае проводят дополнительные, но не более 4, сращивания этих волокон до получения

заданного (0.05дБ) уровня затухания сростка. В таблицу записывают все значения уровней затухания, а также кабельные метки длины на входе и выходе из муфты.

На каждом полностью смонтированном регенерационном участке линии все ОВ измеряются рефлектометром с двух сторон.

Последние измерения следует выполнять по возможности теми рефлектометрами, с которыми будут работать на линии в период эксплуатации, а результаты записывать на информационный носитель (диск, дискету) или во внутреннюю память рефлектометра. В память вносят и измеренные ранее данные о муфтах: их расстояние, затухание ОВ. Сохраненную информацию используют потом для сопоставления рефлектограмм при эксплуатационных измерениях.

11. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОЛС

Расчет технико-экономических показателей позволяет определить эффективность строительства волоконно-оптической линии связи между двумя населенными пунктами. Технико-экономическое обоснование проектируемой ВОЛС должно включать в себя, кроме стоимости линейно-кабельных сооружений, также стоимость оборудования конечных пунктов, стоимость монтажных и измерительных работ.

Капитальные затраты на проектируемый участок ВОЛС рассчитываются:

$$K = K_{\text{обор.}} + K_{\text{каб.}} + K_{\text{тех.зд.}} + K_{\text{ЭПУ}}, \quad (11.1)$$

где $K_{\text{обор.}}$ — капитальные затраты на оборудование системы передачи;

$K_{\text{каб.}}$ — капитальные затраты на линейно-кабельные сооружения;

$K_{\text{тех.зд.}}$ — капитальные затраты на технические здания;

$K_{\text{ЭПУ}}$ — капитальные затраты на электропитающие установки.

Капитальные затраты на оборудование и линейные сооружения приведены в смете (таблицы 11.1, 11.2, 11.3, 11.4). Сметная стоимость приведена с учетом затрат на транспортные и складские расходы, затрат на тару и упаковку.

В структуре капитальных затрат на строительство ВОЛС будут отсутствовать затраты на строительство зданий ОП, ОРП, т.к. обустройство этих пунктов предусматривается в существующих зданиях и сооружениях ЭПУ, которые имеются в заданных пунктах.

Тогда общие капитальные затраты на проектируемый участок составят:

$$K = K_{\text{обор.}} + K_{\text{каб.}} \quad (11.2)$$

В объем работ включают все виды работ: подготовительные, основные, сопутствующие и отделочные. К подготовительным работам относится устройство подъездов, расчистка трассы, планировка строительной площадки т.п. К основным работам относятся те, без которых невозможно построить проектируемое сооружение, а именно прокладка кабеля, монтаж муфт, устройство вводов и т.п. К сопутствующим работам относится укрепление траншеи, откачка воды, устройство подмостков и т.п. К отделочным работам относится установка

замерных столбиков, защита кабеля от коррозии блуждающими токами, ограждение речных переходов и т.п.

Смету на работы и затраты, производимые при строительстве кабельной линии, составляют по ниже приведенной форме.

В смету включают затраты на земляные, кабельные и монтажные работы, затраты на приобретение кабеля, арматуры, приспособлений, инструментов и производственного инвентаря, затраты на амортизацию строительных и транспортных механизмов, измерительных и контрольных приборов, а также прочие затраты. Накладные расходы, включая плановые накопления, начисляют по смете в размерах, установленных для данного вида строительства.

Зная общие затраты, рассчитывают такой показатель, как стоимость одного канала-километра.

Стоимость канала-километра вычисляется по формуле:

$$C = \frac{K}{N \cdot L} \frac{USD}{\text{канал} \cdot \text{км}} \quad (11.3)$$

где K – капитальные затраты на строительство ВОЛС, USD;

N – количество каналов, ОЦК;

L – длина магистрали, км.

Стоимость канала-километра необходимо определить 2 раза:

для рассчитанного количества каналов;

для количества каналов, возможно организуемого выбранной аппаратурой.

Смета капитальных затрат на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Количество, шт	Стоимость единицы, USD	Общая стоимость, USD
1	2	3	4	5
1.	Стойка ETS-V RACK		1600	
2.	Кросс оптический (10FC)		1250	
3.	21×2МБИТ/S		1800	
4.	Блок ОНР		450	
5.	STM – 16		27000	
6.	STM – 4		8500	
7.	STM – 1		2600	
8.	Расширенный контроллер TSI		1450	
9.	Блок питания		430	
10.	Patch Cord FC/PC – 5 м		27	
Итого				
11.	Стоимость неучтенного оборудования (измерительное оборудование и т.п.)	10%		
Итого				
12.	Тара и упаковка	0,3%		
13.	Транспортные расходы	6%		
Итого				
14.	Заготовительно-складские расходы	2,5%		
Итого				
15.	Монтаж и настройка оборудования	18% от стоимости оборудования		
Всего по смете				

Смета затрат на линейные сооружения

№ п/п	Наименование затрат	Количество	Стоимость единицы, USD	Общая стоимость, USD
1	2	3	4	5
1.	Приобретение кабеля для следующих условий прокладки: — в грунт	длина трассы +2%	5500 на 18 ОБ	
	— через водные преграды	по 1 км на каждой водной преграде	7500 на 18 ОБ	
	— в городскую телефонную канализацию	5% от длины всей трассы	4500 на 18 ОБ	
	— станционные	30...100 м на каждую станцию (ОП, ОРП и НРП)	1500 на 18 ОБ	
	— оптические муфты		200	
Итого				
2.	Тара и упаковка		0,3%	
3.	Транспортные расходы		13,1%	
Итого				
4.	Заготовительно-складские работы при прокладке кабеля		5,5%	
Итого				
5.	Строительные и монтажные работы		50%	
Всего по смете				

Смета затрат на выполнение строительно-монтажных работ

№ п/п	Наименование работ	Единицы измерения	Количество	Стоимость единицы, USD	Общая стоимость, USD
1	2	3	4	5	6
1.	Измерение ОК на площадке	стр. длина		7	
2.	Бестраншейная прокладка кабеля	км	75% от длины трассы	200	
3.	Разработка грунта вручную в траншеях глубиной 1,2 м	100м ³	20% от длины трассы	25	
4.	Прокладка кабеля в готовую траншею, разработанную ручным способом	км		15	
5.	Засыпка вручную траншей, котлованов и ям	100м ³		10	
6.	Скрытые переходы при пересечении с шоссейными дорогами методом прокола длиной до 10 м	переход		35	
7.	Прокладка кабеля в канализацию	км	5% от длины трассы	70	
8.	Измерение затухания на смонтированном участке в двух направлениях, ОК на 18 ОВ	участок		24	

Продолжение таблицы 11.3.

1	2	3	4	5	6
9.	Монтаж прямой муфты на 18 ОВ	оптическая муфта		200	
10.	Измерение параметров при монтаже муфт на 18 ОВ	стр. длина		10	
11.	Установка замерных столбиков	шт		2	
Итого					
12.	Непредвиденные расходы	3% от общей стоимости			
13.	Накладные расходы	200% от общей стоимости			
Итого					
14.	Плановые накопления	18% от суммы прямых и накладных расходов			
Всего по смете					

Результаты капитальных затрат сведены в таблицу 11.4.

Таблица 11.4

Расчет капитальных затрат на проектируемый участок магистрالی

№ п/п	Наименование капитальных затрат	Капитальные затраты, USD
1.	Каналообразующая аппаратура ОП, ОРП и НРП	
2.	Линейно-кабельные сооружения	
3.	Строительно-монтажные работы	
Всего		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.А., Бурдин В.А., Попов Б.В., Польшников И.А. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи: Учебник для вузов / Под. ред. Б.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1995. – 200с.
2. Агзамов С.А., Москаленко Ю.С. Элементы проектирования и строительства волоконно-оптических линий связи. – Т.: 1995. - 167с.
3. Васильев В.Н. оптические кабели. Справочное пособие. Часть 1 (Часть 2). – Т.: 2003. – 118с.
4. Волоконно-оптические системы передачи и кабели. Справочник. /Гроднев И.И., Мурадян А.Г., Шарафутдинов Р.М. и др. Под общ. ред. Гроднева И.И. – М.: Радио и связь, 1993. – 265с.
5. Воронцов А.С., Гурин О.И., Мифтяхединов С.Х., Никольский К.К., Питерских С.Э. Оптические кабели связи российского производства. Справочник. – М.: Эко – Трендз, 2003. – 288с.
6. Иванова О.Н., Копп М.Ф., Коханова З.С., Метельский Г.Б. Автоматические системы коммутации. – М.: Связь, 1980. – 622с.
7. Иоргачев Д.В, Бондаренко О.В. волоконно оптические линии связи. – М.: Эко – Трендз, 2002. – 284с.
8. Лочмелис Я.Я. Техничко-экономические основы построения местных телефонных сетей. – М.: Связь, 1980. – 128с.

9. Портнов Л. Оптические кабели связи: конструкция и характеристики. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 232с.
10. Скляр О.К. современные волоконно-оптические системы передачи, аппаратура и элементы. – М.: Солон – Р, 2001. – 237с.
11. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (АТМ, РДН, SDH, SONET и WDM). – М.: Радио и связь, 2000 – 468с.
12. Фриман Ф. Волоконно-оптические системы связи. – М.: Техносфера, 2003. – 440с.

ИНТЕРНЕТ РЕСУРСЫ

1. www.google.ru
2. www.optic.ru
3. [http://map – site narod.ru/...](http://map-site.narod.ru/)
4. www.maps.yandex.ru
5. [www.tv - .ru](http://www.tv.ru)
6. www.radio.ru
7. WEB – Навигатор. Информация о сайтах ведущих производителей телекоммуникационного оборудования.// Технологии и средства связи. – 2007, январь. – с.91 – 118.

12. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Таблица 12.1

№	Трасса магистрالی	Оптический кабель фирмы	Коэффициент тяготения f, %	Средне годовой прирост населения P, %	Доступность D	Потери на одном неразъемном сое- динении $\alpha_{нс}$, дБ	Потери на одном разъемном сое- динении $\alpha_{рс}$, дБ	Показатель пре- ломления серд- цевины оптичес- кого волокна n_1	Тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta \times 10^{-12}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$p = 0,002$									
1.	Ташкент – Мары	Corning Cable Systems	9	1,5	20	0,011	0,2	1,46	1
2.	Карши – Бишкек	Fujikura	9	2	21	0,012	0,3	1,47	1,1
3.	Самарканд – Бишкек	Lucent Technologies	10	2,3	22	0,013	0,4	1,48	1,2
4.	Андижан – Чарджоу	Alcatel Cable	7	2,4	23	0,014	0,5	1,49	1,3
5.	Ташауз – Ташкент	Eriksson Cable AB	6	2,5	24	0,015	0,6	1,50	1,4
6.	Бишкек – Бухара	Opticable	8	2,6	25	0,016	0,021	1,51	1,5
7.	Джизак - Бишкек	DAEWOO Telecom	8	2,7	26	0,017	0,31	1,52	1,6

Продолжение таблицы 12.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8.	Ташкент – Душанбе	СП ЗАО «Москабель - Fujikura»	7	2,8	27	0,018	0,41	1,53	1,7
9.	Термез – Ургенч	СП ЗАО «Самарская Оптическая кабельная Компания»	6	2,9	28	0,019	0,51	1,54	1,8
10.	Чимкент – Термез	ЗАО «ОКС 01»	5	3	30	0,04	0,22	1,55	1,9
11.	Наманган – Карши	ООО «Оптен»	5	1,5	32	0,021	0,32	1,56	2
12.	Бухара – Андижан	ЗАО «Саранскабель – Оптика»	6	1,6	34	0,025	0,42	1,46	2,1
13.	Бухара – Муйнак	ОАО «Севкабель – Оптик»	5	1,7	36	0,023	0,52	1,47	2,2
14.	Джамбул – Андижан	ЗАО «Трансвок»	7	1,8	38	0,024	0,53	1,48	2,3
15.	Бухара – Джамбул	ООО «Эликс – кабель»	5	1,9	40	0,025	0,54	1,49	2,4
p = 0,003									
16.	Джизак – Алихабад	Электропровод	9	2,3	20	0,029	0,34	1,53	1,2

Продолжение таблицы 12.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17.	Караганда – Джамбул	Яуза – кабель	8	2,4	21	0,03	0,44	1,54	1,2
18.	Карши – Андижан	Corning Cable Systems	6	2,5	23	0,032	0,25	1,56	1,3
19.	Кзыл-орда – Карши	Fujikura	5	1,8	40	0,036	0,42	1,59	1,1
20.	Кунград - Чарджоу	Lucent Technologies	7	2,7	24	0,023	0,35	1,46	2,2
21.	Нукус – Карши	Alcatel Cable	6	1,6	25	0,034	0,45	1,47	1,6
22.	Курган-Тюбе – Андижан	Eriksson Cable AB	7	1,7	32	0,039	0,56	1,52	1,7
23.	Джизак - Курган-Тюбе	Opticable	8	1,8	34	0,04	0,27	1,53	2,2
24.	Мары – Андижан	DAEWOO Telecom	11	1,9	36	0,041	0,37	1,54	2,3
25.	Джамбул – Мары	СП ЗАО «Москабель - Fujikura»	12	2,0	38	0,032	0,47	1,55	2,4
26.	Наманган – Ашхабад	СП ЗАО «Самарская Оптическая кабельная Компания»	12	2,4	40	0,044	0,57	1,5	2,5

Продолжение таблицы 12.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27.	Мары – Наманган	ЗАО «ОКС 01»	12	2,5	34	0,043	0,60	1,56	1
28.	Самарканд – Ашхабад	ООО «Оптен»	4	1,8	24	0,024	0,5	1,55	1,9
29.	Навои - Нукус	ЗАО «Сарансккабель – Оптика»	8	2,1	28	0,046	0,19	1,48	3
30.	Ташауз – Андижан	ОАО «Севкабель – Оптик»	9	2,2	43	0,047	0,28	1,46	1,8
p = 0,005									
31.	Джизак – Ташауз	ЗАО «Трансвок»	9	2,4	20	0,049	0,58	1,49	1,4
32.	Ташауз – Наманган	ООО «Эликс – кабель»	6	2,5	21	0,05	0,29	1,5	1,5
33.	Самарканд – Ташауз	Электропровод	10	1,8	22	0,052	0,48	1,53	2,8
34.	Ташкент – Ашхабад	Яуза – кабель	9	2,6	23	0,051	0,39	1,51	1,6
35.	Термез – Андижан	Corning Cable Systems	8	2,7	24	0,053	0,49	1,52	1,7
36.	Наманган – Термез	Fujikura	7	2,8	25	0,054	0,59	1,53	1,8

Продолжение таблицы 12.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
37.	Ургенч – Гулистан	Lucent Technologies	10	2,9	26	0,055	0,2	1,54	1,9
38.	Душанбе – Джизак	Alcatel Cable	9	3	27	0,056	0,3	1,55	2
39.	Карши – Ургенч	Alcatel Cable	9	3	27	0,056	0,3	1,55	2
p = 0,01									
40.	Самарканд – Нукус	Corning Cable Systems	9	1,5	20	0,011	0,2	1,46	1
41.	Наманган – Навои	Fujikura	9	2	21	0,012	0,3	1,47	1,1
42.	Термез - Ташауз	Lucent Technologies	10	2,3	22	0,013	0,4	1,48	1,2
43.	Фергана – Ургенч	Alcatel Cable	7	2,4	23	0,014	0,5	1,49	1,3
44.	Чарджоу – Андижан	Eriksson Cable AB	6	2,5	24	0,015	0,6	1,50	1,4
45.	Нукус – Наманган	Opticable	9	1,5	20	0,011	0,2	1,46	1
46.	Ташкент – Нукус	DAEWOO Telecom	9	2	21	0,012	0,3	1,47	1,1
47.	Термез – Ташкент	СП ЗАО «Москабель - Fujikura»	7	2,8	25	0,054	0,59	1,53	1,8

Продолжение таблицы 12.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
48.	Коканд – Бухара	СП ЗАО «Самарская Оптическая кабельная Компания»	12	2,5	34	0,043	0,60	1,56	1
49.	Фергана – Самарканд	ЗАО «ОКС 01»	4	1,8	24	0,024	0,5	1,55	1,9
50.	Ангрен - Тутрукуль	ЗАО «Саранскабель – Оптика»	8	2,1	28	0,046	0,19	1,48	3
51.	Термез – Чимкент	ООО «Эликс – кабель»	11	2,5	20	0,067	0,22	1,54	1,5
52.	Карши – Наманган	СП ЗАО «Москабель - Fujikura»	8	2,6	21	0,068	0,32	1,55	1,6
53.	Ургенч – Гурьев	Eriksson Cable AB	7	2,7	22	0,069	0,42	1,56	1,7
54.	Бишкек – Самарканд	Corning Cable Systems	6	2,8	23	0,07	0,52	1,46	1,8
55.	Душанбе - Тешкент	СП ЗАО «Самарская Оптическая кабельная Компания»	7	2,8	24	0,011	0,23	1,47	1,9

УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

Кафедра
Линии телекоммуникаций

КУРСОВАЯ РАБОТА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

**С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ SDN
И КАБЕЛЯ ФИРМЫ _____**

Выполнил студент гр. _____

Ташкент 200_.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Трасса магистрали _____

Численность населения города А _____

Численность населения города Б _____

Протяженность трассы, км _____

Оптический кабель фирмы _____

Коэффициент тяготения f , % _____

Среднегодовой прирост населения P , % _____

Доступность D _____

Вероятность потерь p _____

Потери на одном неразъемном соединении $\alpha_{нс}$, дБ _____

Потери на одном разъемном соединении $\alpha_{рс}$, дБ _____

Показатель преломления сердцевины оптического волокна n_1 _____

Тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta \times 10^{-12}$ _____

Задание выдано _____

Задание принято _____

Дата выдачи задания _____

Дата сдачи курсовой работы _____