

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

В.И. Ефанов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЛС**

Учебное пособие

ТОМСК 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Институт дополнительного образования

Факультет повышения квалификации

В.И. Ефанов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЛС

Учебное пособие

2012

Рецензент:

доктор техн.наук, профессор, А.В. Пуговкин

Ефанов В.И.

Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС: Учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. - 102 с.

В пособии изложены основы проектирования волоконно-оптических линий связи, кратко представлено необходимое при проектировании содержание общей пояснительной записки, сметной документации и рабочих чертежей. Дан пример расчета длины регенерационного участка. Приведен перечень нормативно-технической документации, необходимой при проектировании.

Большое внимание уделено организации строительства ВОЛС, описаны все виды прокладки и монтажа оптических кабелей. Освещены вопросы технической эксплуатации и организации технического обслуживания ВОЛС. Особое место занимают виды и средства измерений.

Подробно дается описание количественных показателей надежности проектируемых линий связи на основе ВОЛС.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 210300 «Радиотехника» и 210400 «Телекоммуникации» и по специальностям Радиотехника – 210302, Физика и техника оптической связи – 210401 очной, заочной, очно-заочной форм обучения и включает материалы дисциплин «Направляющие среды передачи», «Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС» и может быть использовано для слушателей курсов повышения квалификации специалистов предприятий телекоммуникационного профиля.

© Ефанов В.И., 2012

© Томск. гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	5
Предисловие	7
1. Проектирование ВОЛС.....	9
1.1 Общая пояснительная записка.....	9
1.1.1 Введение	9
1.1.2 Основные технические решения	9
1.1.3 Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны и мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций.....	13
1.1.4 Метрологическое обеспечение.....	14
1.1.5 Организация строительства	14
1.1.6 Техника безопасности и пожарной безопасности	14
1.1.7 Охрана окружающей среды при строительстве ВОЛС	15
1.2 Рабочий проект по строительству ВОСП.....	18
1.3 Перечень нормативно-технической документации по проектированию ВОЛС	22
2. Строительство ВОЛС	23
2.1 Организация строительства ВОЛС	23
2.2 Подготовка к строительству	24
2.3 Прокладка оптического кабеля.....	25
2.3.1 Прокладка оптического кабеля в грунт	25
2.3.2 Прокладка ОК в кабельной канализации	30
2.3.3 Прокладка ОК через водные преграды.....	37
2.3.4 Подвеска кабелей	41
2.3.5 Прочие методы прокладки ОК	45
2.4 Монтаж оптического кабеля.....	46
2.4.1 Сращивание оптических волокон	46
2.4.2 Конструкции муфт и особенности их монтажа	49
3. Основы технической эксплуатации	53
3.1 Организация технической эксплуатации.....	53
3.2 Эксплуатационно-технические требования к ВОЛС	54
3.3 Организация технического обслуживания ВОЛС.....	55
3.4 Планирование, контроль и обеспечение работ по технической эксплуатации ВОЛС	59
3.5 Технический учет и паспортизация ВОЛС	61
3.6 Ремонт линейных сооружений ВОЛС	62
3.7 Охрана кабельных сооружений ВОЛС и аварийно- восстановительные работы	63
3.8 Телеконтроль, служебная связь и электропитание аппаратуры линейного тракта ВОЛС.....	64
3.9 Назначение, виды и средства измерений для ВОЛС.....	66
3.9.1 Классификация методов измерений	66
3.9.2 Виды и средства измерений для ВОЛС.....	67

3.9.3	Общая классификация средств измерений	68
3.9.4	Оптические измерители мощности и источники оптического излучения.....	69
3.9.5	Оптические рефлектометры	72
3.9.6	Измерители поляризационной модовой и хроматической дисперсии.....	76
3.9.7	Универсальные измерительные системы.....	78
4	Надежность ВОЛС	80
4.1	Количественные показатели надежности.....	81
4.2	Повышение надежности сложных систем.....	83
4.3	Коэффициент готовности кабельной линии	84
4.4	Время восстановления оптической кабельной линии.....	86
	Заключение	87
	Литература	87
	Приложение 1	88
	Приложение 2	94

Список сокращений

ГИИ	-Глобальная информационная инфраструктура
NGN	-Next Generation Network
ЕСЭ	-Единая Сеть Электросвязи
ВОЛС	-Волоконно-оптическая линия связи
ВОСП	-Волоконно-оптическая система передачи
ВОК	-Волоконно-оптический кабель

ОВ	-Оптическое волокно
УС	-Узел связи
ОК	-Оптический кабель
ТУ	-Технические условия
ж/д	-Железная дорога
КИП	-Контрольно-измерительный пункт
ГНБ	-Горизонтально-направленное бурение
ПКУ	-Пункт контроля и управления
ЭПУ	-Электропитающая установка
ОПС	-Охранно-пожарная сигнализация
СЦИ	-Синхронная цифровая иерархия
СП	-Система передачи
МСЭ	-Международный союз электросвязи
ВСН	-Ведомственные строительные нормы
НТП	-Нормы технологического проектирования
ПОТ	-Правила по охране труда
СНиП	-Система нормативных документов и положений
ППБ	-Правила пожарной безопасности
ЛЭП	-Линия электропередачи
ЗПТ	-Защитная полиэтиленовая труба
ГНБ	-Горизонтальное направленное бурение
КПЗ	-Контейнер проводов заземления
НРП	-Необслуживаемый регенерационный пункт
ОРП	-Обслуживаемый регенерационный пункт
ТМ	-Телемеханика
СС	-Служебная связь
СТМСС	-Стойки телемеханики и служебной связи
КП	-Пункт контроля
БТМСС	-Блок телемеханики и служебной связи
УСС	-Участковая служебная связь
ПСС	-Постанционная служебная связь
ТСС	-Технологическая служебная связь
АИП	-Автономный источник питания
ТЭГ	-Термоэлектрогенератор
ДП	-Дистанционное питание
СИЭ	-Средства измерений электросвязи
СD	-Хроматическая дисперсия
РMD	-Поляризационная модовая дисперсия
СИД	-Светоизлучающий диод
DWDM	-Система связи с плотным спектральным мультиплексированием
OSA	-Оптический анализатор спектра
FFT	-Быстрое преобразования Фурье
DGD	-Дифференциальные групповые задержки
BER	-Коэффициент ошибок по битам
АВР	-Аварийно-восстановительные работы
АВБ	-Аварийно-восстановительная бригада
ОЦК	-Основной цифровой канал
ЦСП	-Цифровая система передачи
ОЛТ	-Оптический линейный тракт
СНРП	-Стойечный необслуживаемый регенерационный пункт
ОП	-Оконечный пункт
ЭПУ	-Электропитающее устройство

АИП	-Автономный источник питания
НУП	-Необслуживаемый усилительный пункт
АСДУ	-Автоматизированная система диспетчерского управления

Предисловие

Последние два десятилетия прошедшего и наступившего века можно смело назвать началом информационно-технологической эпохи. Ярким проявлением этого является невиданный по скорости и результатам прогресс в создании новых методов и средств телекоммуникаций. Бурное развитие технологий производства систем и средств связи с практически неограниченной пропускной способностью и дальностью передачи, их массовое использование, привели к формированию глобального информационного общества.

Телекоммуникации сегодня – одна из самых быстроразвивающихся наукоемких и высокотехнологичных отраслей мировой экономики.

При передаче информации стратегическим направлением считается дальнейший количественный рост пропускной способности используемых линий и узлов электросвязи за счет технологического развития оптических способов передачи и методов уплотнения по длине волны, переход к полностью оптическим сетям, а также расширение областей использования оптических способов передачи, вплоть до терминалов пользователей.

Широкому внедрению оптических ЛС способствовали новые технологии в строительстве ВОЛП, к которым можно отнести технологию прокладки путем подвески ОК на опорах ЛЭП, электрифицированных ж/д. Простота, быстрота и экономичность – вот основные достоинства этих технологий. Появилась новая технология – пневмопрокладка ОК в защитные пластмассовые трубы небольшого диаметра, которая применима для строительства как городских так и междугородних ЛС. Эта технология позволяет увеличить скорость прокладки, эффективно решить многие вопросы эксплуатационно-строительных работ, особенно последующую модернизацию и развитие кабельной сети.

Необходимость в специалистах, способных квалифицированно заниматься разработкой, проектированием, строительством и технической эксплуатацией в области электросвязи постоянно растет.

Это пособие адресовано инженерам и специалистам кто планирует, устанавливает и эксплуатирует ВОЛП.

В первой главе изложены основы проектирования волоконно-оптических линий связи, представлено необходимое при проектировании содержание рабочего проекта и пояснительной записки. Даны примеры расчета длины регенерационных участков на основе ВОЛС. Приведен перечень нормативно-технической документации, необходимой при проектировании.

Вторая глава посвящена вопросам организации строительства ВОЛС, описаны все современные виды прокладки оптических кабелей. Затронуты вопросы монтажа оптических кабелей, конструкции муфт и сращивания оптических волокон.

Вопросы технической эксплуатации и организации технического обслуживания ВОЛС изложены в третьей главе. Это планирование, контроль, технический учет и паспортизация ВОЛС, ремонт и охрана кабельных сооружений, а также аварийно-восстановительные работы. Особое место занимают виды и средства измерений передаточных характеристик ВОЛС.

В четвертой главе дается описание количественных показателей надежности проектируемых линий связи на основе ВОЛС. Приведены примеры расчета.

Автор выражает благодарность своим ученикам Вторушиной К., Поляковой Ю., Иванову П. за помощь в подготовке рукописи и ее оформлении.

1. Проектирование ВОЛС

В настоящем разделе приведен пример проектирования одного из участков трассы ВОЛС. Трасса разбивается на несколько участков, для каждого из которых составляется проект.

Рабочий проект ВОЛП разрабатывается на основании технического задания и как правило состоит из трех основных глав: общей пояснительной записки; сметной документации и рабочих чертежей. Рассмотрим подробно содержание общей пояснительной записки.

1.1 Общая пояснительная записка

1.1.1 Введение

Проект на строительство оптической линии связи (ВОЛС) системы разрабатывается на основании:

- задания на проектирование;
- актов выбора трассы и решений местных органов исполнительной власти о предварительном согласовании места размещения ВОЛС;
- принятого и утвержденного варианта схемы организации связи;
- технологических, инженерных изысканий и согласований, проведенных в процессе проектирования.

Рабочий проект должен предусматривать выполнение следующих работ:

- строительство линейно-кабельных сооружений,
- монтаж станционного оборудования в узлах связи ,
- подключение к сети,
- подготовку помещений с целью жизнеобеспечения оборудования во всех узлах связи.

Весь комплекс примененного в проекте оборудования и кабельных изделий должны иметь сертификаты соответствия, выданные Министерством Связи РФ. Рабочий проект должен быть разработан в соответствии с техническими условиями и согласованиями заинтересованных организаций, государственными нормами, правилами и стандартами, а также ведомственными нормативными документами, действующими на территории Российской Федерации и регламентирующими проектирование и строительство сооружений связи, и обеспечивает безопасные для жизни и здоровья людей строительство и эксплуатацию сооружений при соблюдении предусмотренных рабочим проектом мероприятий

1.1.2 Основные технические решения

Схема организации связи

В данном разделе рабочего проекта должны быть отражены вопросы установки и монтажа оборудования.

Схема организации связи разрабатывается в соответствии с заданием на разработку проекта, и должна быть приведена в приложении.

Служебная связь

В этом разделе рассматривается возможность обеспечения организации каналов служебной связи с помощью аппаратуры СЦИ.

Схема служебной связи приводиться на соответствующем чертеже в приложении.

Синхронизация

Согласно общей схеме синхронизации сети СЦИ, приведенной на соответствующем чертеже приложения и ТУ, необходимо раскрыть вопрос об осуществлении синхронизации проектируемого оборудования СП СЦИ в узлах связи.

Для синхронизации проектируемого оборудования на проектируемой ВОЛС может быть использован как основной сигнал синхронизации, так и резервный. Причем качество сигнала синхронизации должно соответствовать рекомендации МСЭ-Т G-781 с учетом рекомендации G-703.

Управление

В этом разделе рассматриваются способы управления проектируемой ВОЛС в УС. Схема управления приводится на соответствующем чертеже в приложении.

Линейные сооружения

Введение. Необходимо рассмотреть вопросы прокладки и защиты ВОЛС на отдельных участках, на ответвлениях к пунктам контроля и управления (ПКУ), а также включение ВОЛС в оконечные устройства.

Трасса прокладки подземного кабеля. Ситуационные схемы расположения трассы ВОЛС по участкам приводятся в рабочих чертежах.

Определяется протяжённость трасс ВОЛС на каждом из участков (в том числе прокладка в лотках, в готовой траншее, по металлическим конструкциям, прокладка кабелеукладчиком и по технологическому тоннелю).

Необходимо определить особенности местности (открытая, пересеченная, наличие оврагов, рек, оросительных каналов, лесопосадок) по трассе прокладки кабеля.

Должен быть освещен такой вопрос как распределение волокна в магистральном кабеле с учетом перспективного развития

При монтаже разветвительной муфты должны быть соблюдены следующие условия:

-волокна для оборудования магистрального уровня должны пропускаться без разреза и сварки,

-резервные волокна для оборудования магистрального уровня должны пропускаться без разреза и сварки,

-волокна для оборудования технологической связи должны разрезаться и сращиваться с волокнами кабелей ответвления.

Характеристика района строительства. Определяются строительные группы грунтов.

Оптический кабель. В соответствии с особенностями трассы рассматриваются применяемые волоконные оптические кабели связи согласно рекомендациям МСЭ-Т G652-G655.

Требования к прокладке оптического кабеля. Условия местности в районе строительства ВОЛС и категоричность грунтов должны позволять производить прокладку кабеля в основном кабелеукладчиком за исключением застроенной территории, стесненных условий и мест пересечения с существующими подземными коммуникациями, где разработка траншей должна производиться вручную или экскаватором. Перед прокладкой кабеля кабелеукладчиком необходимо произвести предварительную пропорку грунта для выявления валунов, тем самым определяется глубина прокладки кабеля.

Для предупреждения механических повреждений волоконно-оптического кабеля связи при проведении земляных работ предусматривает прокладка над кабелем (на глубине 0.6-0.8 м от поверхности земли) предохранительной поливинилхлоридной ленты.

Для фиксации трассы предусматриваются бетонные столбики, которые располагаются над:

-трассой кабельной линии через 250 – 300м на всём протяжении прокладываемого оптического кабеля,

-смонтированными муфтами,

-местами пересечения ВОЛС с другими подземными сооружениями.

Прокладка кабеля через небольшие реки и заболоченные участки должна производиться по ходу механизированной колонны кабелеукладчиком, протаскиваемым на выброшенных тросах.

Проектные решения при прокладке кабеля через реки приняты в соответствии с требованиями, изложенными в следующих нормативных документах:

-ВСН 116-93 «Инструкция по проектированию линейных кабельных сооружений связи» (дополнение по применению установок ГНБ при строительстве ВОЛС);

-Временное положение по проектированию строительства кабельных переходов через водные преграды методом горизонтально-направленного бурения, Москва, 1996 г.

Кабельные переходы через подверженные размыву овраги, а также через реки предусмотрено выполнить способом горизонтально-направленного бурения (ГНБ) с заложением полиэтиленовых труб.

При пересечении трассы ВОЛС с нефтепроводами кабель прокладывается в защитном футляре из стальных труб.

Пересечение автодорог с асфальтовым покрытием и железных дорог должно производиться способом прокола, а дорог без твердого покрытия и подземных сооружений - открытым способом. На указанных переходах прокладываются асбестоцементные или полиэтиленовые трубы.

При пересечении съездов с автодорог и постоянных грунтовых непрофилированных дорог защита кабеля осуществляется ж/б плитами.

При пересечении трассы кабеля оврагов, склоны которых подвержены размыву, должны осуществляться противоэрозионные мероприятия. Рекомендованный метод защиты указывается на рабочих чертежах. При прокладке кабеля кабелеукладчиком на склонах оврагов предусматривается одерновка траншей, а при срезке грунта - посев трав.

В здания кабель вводится через существующие вводные блоки и прокладывается по существующим воздушным желобам до стоек оптического кросса.

В местах пересечения трассы с ЛЭП напряжением до 110 кВ разработка траншей ковшовым экскаватором не допускается и должна производиться только роторным экскаватором или ручным способом.

Для проведения измерений электрического сопротивления изоляции внешней защитной оболочки кабеля, прокладываемого в грунте, и подключения генератора к бронепроводам при необходимости поиска на регенерационном участке должны быть установлены контрольно-измерительные пункты (КИП) в местах монтажа муфт. Расположение КИП на трассе указывается на схеме раскладки строительных длин. Расчет заземления КИП приводится в архивном экземпляре рабочего проекта. Длина и диаметр заземлителей определяется удельным сопротивлением грунта.

Защита проектируемых кабелей от ударов молнии и опасных влияний линий электропередачи высокого напряжения предусматривается согласно действующим документам:

-«Руководство по защите оптических кабелей от ударов молнии» ЦНИИС 1996г.,

-«Рекомендациями по защите оптических кабелей связи с металлическими элементами от опасных влияний линий электропередачи и электрифицированных железных дорог переменного тока» НТЦ ЦНИИС-РТК 1998г,

-«Методическим руководством по проектированию защиты ВОЛП от ударов молнии и влияния линий электропередач» ОАО «Гипросвязь-4» 1998г.

При строительстве ВОЛС следует руководствоваться ВСН 51-1.15-004-97, ВСН 116-93 и «Руководством по строительству линейных сооружений магистральных внутризоновых оптических линий связи» 1993 г., разработанных ССКТБ.

Указанное в рабочих чертежах местоположение подземных сооружений определяется, как по внешним признакам, так и по материалам исполнительных съемок с подтверждением правильности нанесения в эксплуатирующих организациях.

Перед началом работ по прокладке кабеля необходимо уточнить местоположение подземных сооружений и получить письменное разрешение на производство работ. Работы в охранных зонах подземных сооружений должны производиться с обязательным присутствием представителей заинтересованных организаций.

Эксплуатационные подразделения предусмотрено укомплектовать измерительными линейными приборами, инструментами для монтажа оптического кабеля, муфт.

Все работы по прокладке и монтажу кабеля должны выполняться при строгом соблюдении «Правил по охране труда при работах на кабельных линиях связи и проводного вещания (радиофикации)» ПОТ РО-45-005-95 и ВСН-604-111-87, «Техника безопасности при строительстве линейно-кабельных сооружений магистральных и внутризоновых оптических линий связи» 1993 г., разработанный ССКТБ.

Пересекаемые трассой ВОЛС подземные сооружения, реки, автодороги, каналы, ж/дороги с указанием расстояния между ними должны быть представлены в рабочем чертеже (схема пересечения трассой ВОЛС коммуникаций и дорог).

Расчет длины регенерационного участка

При построении ВОЛС трасса разбивается на отдельные участки (регенерационные участки), между ними располагают регенерационное оборудование для восстановления уровня и формы сигналов.

Для расчета максимально допустимой длины пролета необходимо учитывать два фактора: дисперсию и затухание сигнала в ОВ, причем расчет длины для каждого случая проводится отдельно.

Длина регенерационного участка ограниченная затуханием определяется:

$$l_{зат} = \frac{\mathcal{E} - M - n_p \alpha_p - n_{ом} \alpha_{ом}}{\alpha_{каб} + \alpha_n / l_{ст}}, \quad (1.1)$$

где M – энергетический запас, учитывающий потери за счет старения, деградации, изменения параметров аппаратуры при эксплуатации, дБ (6 дБ),

\mathcal{E} – энергетический потенциал линии или бюджет линии, который определяется ИТУ – Т как максимальное затухание участка регенерации без учета передающего и приемного стыков аппаратуры ($\mathcal{E} = P_{пер} - P_{пр}$),

n_p – число разъемных соединений. Для простейшего случая $n_p = 2$. Включение каждого дополнительного устройства в линейный тракт осуществляется при помощи двух разъемных соединителей.

α_p – затухание разъемных соединений, дБ,

$n_{ом}$ – число ответвителей,

$\alpha_{ом}$ – затухание ответвителей, дБ,

$l_{ст}$ – строительная длина ОК, км,

α_n – затухание неразъемных соединений, дБ,

$\alpha_{каб}$ – затухание волокна, дБ/км.

Потери разъемных соединителей составляют $0,1 \div 0,5$ дБ, неразъемных $0,02 \div 0,05$ дБ.

Длина регенерационного участка по дисперсии:

$$l_{дсп} = \frac{0,44}{D(\lambda) \cdot \Delta\lambda \cdot B}, \quad (1.2)$$

где $D(\lambda)$ – удельный коэффициент хроматической дисперсии, пс/нмкм,

$\Delta\lambda$ – ширина линии излучения источника, нм,

B – скорость цифрового потока, Мбит/с.

Рассмотрим пример расчета длины регенерационного участка для одномодового волокна стандарта G.652, с длиной волны источника $\lambda = 1600$ нм, шириной спектра $\Delta\lambda = 0.5$ нм, длиной волны нулевой дисперсии $\lambda_0 = 1310$ нм, наклоном дисперсии в точке нулевой дисперсии $S_0 = 0.09$ пс/нм²км, мощностью передатчика $P_{пер} = 0$ дБм, $P_{пр} = -30$ дБм, $n_p = 2$, $\alpha_p = 0.25$ дБ, $\alpha_H = 0.2$ дБ, ответвитель 10% / 90%, $\alpha_{от} = 3.4$ дБ. Принять запас $M = 6$ дБ. Скорость передачи STM-1 В = 155 Мбит/с.

Энергетический потенциал линии:

$$\mathcal{E} = P_{пер} - P_{пр} = 0 - (-30) \text{ дБм} = 30 \text{ дБ}, \quad (1.3)$$

Длина регенерационного участка, ограниченная затуханием:

$$L_{\text{зат}} = \frac{30 \text{ дБ} - 6 \text{ дБ} - 2 \cdot 0,25 \text{ дБ} - 1 \cdot 3,4 \text{ дБ}}{0,23 \text{ дБ/км} + 0,2 \text{ дБ}/2,2 \text{ км}} = 60 \text{ км}. \quad (1.4)$$

Коэффициент хроматической дисперсии:

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \cdot \left(\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right) = \frac{0.09 \text{ пс/нм}^2 \cdot \text{км}}{4} \cdot \left(1600_{\text{нм}} - \frac{(1310_{\text{нм}})^4}{(1600_{\text{нм}})^3} \right) = 20 \text{ пс/нм} \cdot \text{км}, \quad (1.5)$$

Длина регенерационного участка ограниченная дисперсией:

$$L_{\text{дис}} = \frac{0,44}{20 \text{ пс/нм} \cdot \text{км} \cdot 0,5 \text{ нм} \cdot 155 \text{ Мбит/с}} = 280 \text{ км}. \quad (1.6)$$

Принимается решение о выборе наименьшего значения длины регенерационного участка.

Приспособление помещений для установки технологического оборудования

Электроснабжение технологического оборудования расположенного в узлах связи должно соответствовать первой категории надежности.

При необходимости проектом предусматривается прокладка новых или замена существующих силовых кабелей.

1.1.3 Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны и мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций

Выбор трассы прокладки кабеля, а так же все проектные решения принимаются в соответствии с СП 11-107-98 «Порядок разработки и состав раздела. «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» проектов строительства, СНиП 2.01.51-90 «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны», СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмичных районах», СНиП 22-01-95 «Геофизика опасных природных воздействий» и СНиП 2.01.15-90 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов».

Проектом должны быть учтены следующие мероприятия, повышающие живучесть и надежность сети связи:

1. Кабельные переходы через реки и овраги с крутыми склонами предусмотрено выполнять методом горизонтально-направленного бурения, на глубине от дна рек 2-6 метров,

что исключает возможность повреждения кабеля при паводках, в том числе и катастрофических.

2. Трасса кабеля ВОЛС предусматривается в обход зон категорированных объектов в соответствии с требованиями СНиП 2.01.51-90.

3. Трасса ВОЛС, с учетом выполненных инженерно-геологических изысканий, выбирается в обход оползневых зон, селеопасных районов, районов распространения просадочных пород, участков плоскостной и овражной эрозии.

На отдельных склонах, где возможен размыв кабеля, проектом должны быть предусмотрены соответствующие мероприятия по закреплению опасных склонов.

1.1.4 Метрологическое обеспечение

В целях обеспечения единства и требуемой точности измерений параметров средств и услуг связи, в соответствии с Законом Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений», все средства измерений, используемые на предприятиях отрасли «Связь», должны иметь сертификат Госкомсвязи РФ (либо находиться в процессе сертификации) и сертификат Госстандарта РФ (либо внесены в Госреестр средств измерений).

Номенклатура и нормы количества средств измерений определяются в соответствии с действующими нормативными документами и с учетом имеющихся на предприятии средств измерений (либо ранее запроектированных).

Перечни измерительных приборов и оборудования, необходимых для эксплуатационного обслуживания, приводятся в соответствующих разделах проекта.

1.1.5 Организация строительства

Возможно, строительство по пусковым комплексам при этом необходимо определить протяженность трассы, продолжительность строительства, включая подготовительный период каждого пускового комплекса.

Разработка траншей и прокладка кабеля предусматривается в благоприятные периоды строительных сезонов, т.е. с апреля по ноябрь месяцы.

В подготовительный период должны быть выполнены работы по подготовке строительных машин и механизмов, по их перебазированию к месту строительства, работы по обеспечению поставки необходимых для строительства материалов, произведена проверка и осмотр кабеля, подготовлены складские помещения, при необходимости произведено строительство временных сооружений, осуществлены наем неквалифицированных рабочих и аренда помещений для работников подрядных организаций и прорабского участка.

При устройстве кабельных переходов через шоссейные и железные дороги предусматривается применение установок горизонтального бурения. Строительство кабельных переходов через реки и каналы предусматривается выполнять методом ГНБ с использованием установки типа «Грундодрилл» или другой с аналогичными параметрами.

Устройство переходов намечается выполнять в тот же период.

Наезд строительной техники на нефтепроводы и газопроводы категорически запрещается. Проектом должны быть предусмотрены переезды по существующим автодорогам, либо по специально оборудованному переезду в местах, указанных представителем эксплуатации соответствующего подземного сооружения.

Необходимо определить общий уровень механизации строительства линейно-кабельных сооружений (в процентах), в том числе и с применением кабелеукладочной техники.

1.1.6 Техника безопасности и пожарной безопасности

При строительстве ВОЛС вдоль действующих нефтепроводов следует руководствоваться ВСН 51-1.15-004-97, ВСН 116-93, «Руководством по строительству линейных сооружений магистральных и внутризональных оптических линий связи» 1993г.,

разработанных ССКТБ, а также требованиями техники безопасности и пожарной безопасности, изложенными в:

-СНиП 12-03-99 Безопасность труда в строительстве;

-СНиП III -4-80*. Техника безопасности в строительстве;

-ОСТН-600-93 Минсвязи Р.Ф. Инструкция по монтажу сооружений связи, радиовещания и телевидения;

-ПОТ РО-45-0070-96. Правила по охране труда при работах на телефонных и телеграфных станциях;

-ПОТ РО-45-005-95 «Правила по охране труда при работах на кабельных линиях связи и проводного вещания (радиофикации);

-ВСН 31-81. Инструкция по производству строительных работ в охранных зонах магистральных трубопроводов Министерства нефтяной промышленности;

-ПУЭ-99. Правила устройства электроустановок;

-«Правила технической эксплуатации электроустановок»1990г.;

-ППБ-01-93. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.

Строительство всех сооружений связи должно выполняться с соблюдением требований и норм ОСТН 600-93, действующих руководств по строительству сооружений магистральных, внутризональных и местных сетей связи, а так же правил техники безопасности ведения строительного-монтажных работ.

Выполнение вышеизложенных мероприятий обеспечивает безопасность при проведении строительного-монтажных и эксплуатационных работ.

1.1.7 Охрана окружающей среды при строительстве ВОЛС

Воздействие строительства ВОЛС на окружающую среду

Проектируемая ВОЛС согласно "Положению об оценке воздействия на окружающую среду в Российской Федерации" (№ 222 от 18.07.94 Минприроды), "Руководства по экологической экспертизе предпроектной и проектной документации" (Утвержденное Главгосэкспертизой 10.12.93) не относится к экологически опасным объектам хозяйственной деятельности.

Сооружения связи являются одним из наиболее экологически чистых видов сооружений. В период эксплуатации они не производят вредных выделений и промышленных отходов в окружающую среду, и в то же время, дают значительный социально-экономический эффект по оказанию услуг связи населению и другим потребителям.

Волоконно-оптический кабель связи, и оборудование систем передачи в процессе строительства и эксплуатации не создает вредных электромагнитных или иных излучений, не являются источником каких-либо частотных колебаний и не выделяют вредных химических веществ и биологических отходов.

Нет шума вибраций и иных вредных физических воздействий от оборудования и аппаратуры, устанавливаемого на узлах связи.

Прокладка кабеля связи не вызывает загрязнения пересекаемых водоёмов (рыбохозяйственных объектов или используемых для питьевого водоснабжения).

Таким образом, нет вредного воздействия, и не требуется специальных мер по охране атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод.

Определенное влияние на природную среду может оказываться только в период строительства ВОЛС, при этом возможны следующие экологические последствия:

-нарушение почвенного покрова земель при прокладке кабеля в предварительно вырытую траншею как вручную, так и с применением землеройной техники (ковшовый или роторный экскаватор);

-нанесение ущерба (потрав) сельскохозяйственным предприятиям в связи с временным занятием земель под строительство в случаях прокладки кабеля до сбора урожая сельскохозяйственных культур;

-вырубка (подрубка) просек и отдельных деревьев в лесных угодьях для прохождения мехколонны при прокладке кабеля в залесенной местности;-нанесение ущерба рыбному хозяйству при строительстве переходов через водные преграды при прокладке кабеля в случаях превышения норм допустимого содержания взвешенных частиц (замутнения) по сравнению с природными в рыбохозяйственных водоемах.

Природоохранные мероприятия, предусматриваемые при строительстве ВОЛС

Для устранения возможных последствий воздействия на окружающую природную среду и сведения их к минимуму при строительстве ВОЛС в проекте должны предусматриваться ряд природоохранных мероприятий.

Трасса прокладки проектируемой ВОЛС выбирается параллельно трассам существующих кабельных линий связи с учетом наименьшего занятия пахотных земель. Земли по трассе прокладки кабеля (площадка строительства) временно изымаются на период строительства, т.е. только на период выполнения строительно-монтажных работ (с оформлением временного отвода земель сроком на один год).

После прокладки кабеля предусмотрена обязательная рекультивация земель сельскохозяйственного назначения, нарушенных при строительстве ВОЛС.

Рекультивация предусмотрена на участках, где разработка грунта производится экскаватором или вручную (места пересечений с существующими подземными коммуникациями).

При прокладке кабеля кабелеукладчиком траншея не разрабатывается, грунт раздвигается и уплотняется специальным ножом, установленном на кабелеукладчике, и в образовавшуюся щель прокладывается кабель. При этом нарушения структуры почвы не происходит, и она не утрачивает свою хозяйственную первоначальную ценность.

Рекультивация предусматривает предварительное снятие плодородного слоя грунта в местах, где предусмотрена разработка траншей для прокладки кабеля экскаватором или вручную и включает технический и биологический этапы.

Технический этап включает в себя следующие мероприятия:

- снятие плодородного слоя почвы с подлежащей рекультивации полосы и перемещение его во временный отвал в границах полосы отвода земель;
- разработка траншеи для прокладки кабеля с помещением минерального грунта в отдельный временный отвал;
- засыпка траншеи с проложенным кабелем минеральным грунтом;
- уплотнение минерального грунта прицепным катком;
- распределение минерального грунта, оставшегося после засыпки траншеи по полосе подлежащей рекультивации;
- перемещение плодородного слоя почвы из временного отвала и равномерное распределение его в пределах рекультивируемой полосы.

Технический этап рекультивации предусмотрен сметной документацией на выполнение строительно-монтажных работ и выполняется подрядной строительной организацией при контроле землеустроительных и природоохранных организаций.

Биологический этап рекультивации включает в себя следующие мероприятия:

- вспашка и культивация всей полосы временного земельного отвода,
- внесение органических и минеральных удобрений на пахотных землях по всей полосе временного отвода,
- посев промежуточной сельскохозяйственной культуры.

Биологический этап начинается сразу после технического этапа рекультивации и передачи участка землепользователю.

Биологический этап производится каждым конкретным землепользователем за счет заказчика строительства. Средства, выделяемые на биологическую рекультивацию, определяются районными Землеустроительными комитетами и учтены в землеустроительных отводных делах.

В сметах учитывается так же стоимость возмещения убытков и потерь сельскохозяйственного производства агропромышленным предприятиям, а также стоимость расходов по восстановлению лесных культур, затрагиваемых при строительстве ВОЛС в соответствии с актами технического обследования лесхозов.

Стоимость возмещения убытков и потерь определяются на основании расчетов, выполненных районными земельными комитетами и согласованными с хозяйствами.

Ущерб от вырубки отдельных деревьев и раскорчевки лесополос, а также убытки и потери сельхозпроизводства, связанные с раскорчевкой лесополос рассчитываются районными земельными комитетами и учитываются в сметной документации.

Вырубленные деревья должны быть аккуратно складированы, произведена корчевка пней, засыпка подкоренных ям и уборка строительного мусора.

В местах возможных размывов грунта, на участках, где имеется опасность образования оврагов, и эрозии почвы после прокладки кабеля в проекте должны быть предусмотрены противоэрозионные мероприятия (одерновка траншеи, посадка кустарников, наброска камней и т.д.), способствующие укреплению поверхностного слоя грунта.

Прокладка подземных линий связи не изменяет среду обитания объектов животного мира и не нарушает естественные пути миграций животных и птиц.

Технология работ по прокладке кабеля через реки предусматривает использование двух методов:

- прокладка кабеля кабелеукладчиком,
- горизонтально-направленное бурение.

На переходах через малые реки и ручьи предусмотрена прокладка кабеля кабелеукладчиком, т.е. кабелеукладчик перетягивается с одного берега на другой при помощи металлического троса тракторными лебедками или колонной тракторов. При этом траншея в русле реки не разрабатывается, грунт только раздвигается и уплотняется ножом кабелеукладчика, и в образовавшуюся узкую щель прокладывается кабель. При такой технологии производства работ замутнения водоема не происходит, и сохраняются нормальные условия обитания рыб, водных растений и организмов.

Работы выполняются в следующей последовательности:

- установка на берегах тракторных лебедок;
- расчистка берегов от кустарника, со складированием его за пределами водоохранной зоны;
- срезка береговых откосов крутизной не более 20 градусов, бульдозером или экскаватором на ширину 3 - 4 м для обеспечения плавного спуска кабелеукладчика с берегов и выхода его из воды, при этом категорически не допускается сталкивание грунта в русло;
- проход кабелеукладчиком без кабеля в cassette;
- погрузка кабеля на кабелеукладчик и прокладка его;
- восстановление срезанных береговых откосов до естественного состояния;
- посев травы или одерновка восстановленных берегов, а так же при необходимости посадка лозы.

Пересечение рек предусматривается выполнять методом горизонтально-направленного бурения, без производства каких-либо подводных земляных работ в русле реки.

Устройство кабельного перехода методом горизонтально-направленного бурения производится в следующей последовательности:

- монтаж на одном из берегов буровой установки и вспомогательного оборудования;
- с помощью установки ГНБ с поверхности грунта под уклон (10 - 20 градусов) производится бурение буровой головкой, приводимой во вращение комплектом буровых штанг. При вращении буровой головки производится резка грунта струёй жидкости (бентонитовым раствором), подаваемым под высоким давлением через полые буровые штанги к буровой головке,

-бурение передовой пионерной скважины производится по проектной траектории до выхода на поверхность противоположного берега бурового инструмента. В процессе работ

производится постоянный контроль положения буровой головки и соответствия его проектным отметкам (с помощью радиолокатора). Глубина проходки скважины составляет от 3 до 7 м под руслом реки;

-по окончании бурения пионерной скважины буровая головка снимается и вместо нее крепится расширитель (специальная буровая головка большего диаметра),

-после этого возвратным ходом и обратным вращением штанг пионерная скважина расширяется до требуемого размера (разбуривание передовой скважины до диаметра 200 - 350 мм при помощи последовательного протаскивания расширителей);

-протягивание в расширенной скважине дюкера необходимой конструкции (две гибкие полиэтиленовые трубы диаметром 160 мм с толщиной стенки 10 мм), прикрепляемого через специальный переходник к расширителю;

-затягивание в каждую трубу капронового фала-проводника;

-затягивание за фал в одну из труб кабеля связи;

-герметизация концов труб;

-демонтаж бурового оборудования;

-рекультивация нарушенных земельных участков пойменных участков трассы, одерновка и восстановление растительности.

При обоих методах прокладки кабеля зоны дополнительной мутности не образуются.

Определенные потери рыбных запасов возможны в результате проведения строительных работ на пойменных участках рек, в полосе земли выделяемой во временное пользование, так как работы машин и механизмов приводят к нарушению почвенно-растительного покрова, некоторому загрязнению территории и временному снижению потенциальной рыбопродуктивности пойменных участков рек.

Компенсационные средства должны переводиться на счета бассейновых управлений по охране и воспроизводству рыбных запасов.

С целью снижения отрицательных последствий строительных работ на запасы промысловых рыб проектом предусматриваются следующие требования:

-строительные работы на водоемах производятся после окончания нерестового периода в сроки согласованные с местными органами рыбоохраны;

-не допускается устройство временных переездов через реки;

-в пределах водоохранных зон не допускается отстой строительной техники, складирование строительных материалов, необходимо исключить попадание грунта, строительных материалов и т.д. в водотоки.

При пересечении с продуктопроводами предусматривается ручной способ разработки траншей, исключающий возможность повреждения трубопроводов. Строительные работы в охранных зонах продуктопроводов предусматривается производить только в присутствии представителей владельцев трубопроводов, с выполнением всех защитных мероприятий.

1.2 Рабочий проект по строительству ВОСП

В этом разделе *кратко* рассматривается перечень вопросов, которые необходимо изложить при проектировании любого участка трассы ВОЛС.

1 Глава. Общая пояснительная записка

Раздел 1.

Общая часть

Включает следующие материалы:

-опись материалов,

-состав проекта,

-общей пояснительной записки (она представлена ниже).

-протоколы технического совещания,

-задание на проектирование объекта.

Здесь же необходимо разработать и приложить схемы:

- организации связи,
- управления,
- служебной связи,
- синхронизации.

Сюда же входят письма согласований:

- о заказе оборудования,
- об утверждении емкости волоконно-оптического кабеля (ВОК),
- заключение о наличии или отсутствии полезных ископаемых,
- от НИИ Рыбного хозяйства,
- от МЧС России и др.

Раздел 2.

Участки УС

Дальнейшее количество разделов зависит от количества участков, на которые разделена трасса ВОЛС.

В этом разделе должны быть предусмотрены следующие материалы:

- пояснительная записка, к каждому участку трассы ВОЛС,
- копии согласования,
- описи материалов,
- акт выбора трассы,
- выкладка запаса кабеля на разветвительной и соединительной муфте.

Необходимо дать следующие технические условия (ТУ):

- на проектирование строительства ВОЛС,
- на устройство подземных перегонов методом прокола,
- на строительство ВОЛС через ж/д,
- на проектирование пересечения местных автомобильных дорог кабелем связи ВОЛС,
- на пересечение кабеля связи ВОЛС трассами магистральных нефтепроводов и т.д.

Также прилагаются экспертные заключения:

- о наличии или отсутствии полезных ископаемых,
- Комитета по охране, реставрации и эксплуатации историко-культурных ценностей,
- по использованию и охране водных объектов от загрязнения.

Здесь же приводятся необходимые для пояснения рисунки:

- рекультивация земель, нарушенных при прокладке кабеля,
- защита траншей (при ручной прокладке кабеля),
- устройство контрольно-измерительного пункта (КИП) на оптический кабель (ОК),
- типовой профиль перехода через грунтовую дорогу и т.д..

2 Глава. Сметная документация

Раздел 1.

Сводка сводных сметных расчетов стоимости строительства

Раздел 2.

Сводные сметные расчеты.

В этом разделе приводятся сводный сметный расчет стоимости строительства отдельных участков трассы.

Раздел 3.

Объектные и локальные сметные расчеты

Часть 1.

Линейные сооружения.

Эта часть должна включать в себя: опись материалов, пояснительную записку, объектную смету.

Производится расчет локальных смет по объекту и наименованию работ, такие как:

- строительные работы для прокладки кабеля,
- монтажные работы на прокладку кабеля ВОЛС,
- строительство скрытых переходов для прокладки кабеля,
- устройство перехода методом горизонтально-направленного бурения (ГНБ),
- строительство телефонной канализации,
- строительные работы для устройства заземления КИП,
- монтажные работы для заземления КИП,
- рекультивация земельных угодий,
- вводы кабеля в УС, в пункт контроля и управления (ПКУ),
- вырубка леса и кустарников,
- природоохранные мероприятия,
- оборудование щитка заземления,
- оборудование кросса,
- стоимость кабеля и материалов,
- отвод земель под строительство,
- на приобретение приборов.

Часть 2.

Станционные сооружения

Необходимо приложить следующие материалы: опись материалов, пояснительную записку, объектную смету.

Должны быть предусмотрены следующие локальные сметы:

- на приобретение инвентаря в УС,
- на монтаж оборудования и металлоконструкций,
- на неучтенные кабели,
- строительные работы для прокладки кабеля,
- на оборудование электропитающего устройства (ЭПУ).

Часть 3.

Приспособление помещений

В данной части необходимо, как и в предыдущем разделе рассмотреть следующие вопросы: опись материалов, пояснительную записку, объектную смету для приспособления помещений.

Здесь же приводиться расчет локальных смет на:

- материальные затраты на монтаж силового и электроосветительного оборудования,
- приобретение охранно-пожарной сигнализации (ОПС) и вентиляции,
- монтаж оборудования вентиляции и ОПС,
- на приобретение оборудования для кондиционирования,
- общестроительные работы.

3 Глава. Рабочие чертежи

Рабочие чертежи, предназначенные для производства строительных и монтажных работ, объединяют в комплекты по маркам.

Каждому текстовому и графическому документу, включенному в проект, присваивают обозначение, которое указывают на титульном листе и в основных надписях. В состав обозначения включают базовое обозначение, устанавливаемое по действующей в организации системе: номер заказа, через дефис номер площадки строительства, через дефис марка комплекта рабочих чертежей, через дефис номер чертежа в комплекте, через дефис номер листа чертежа, входящего в данный файл. Марки разделов проекта принимают по аналогии с марками основных комплектов рабочих чертежей.

Чертежи выполняют в оптимальных масштабах с учетом их сложности и насыщенности информацией. Масштабы на чертежах не указывают, за исключением чертежей изделий и других случаев.

- Раздел 1. Линейные сооружения различных участков трассы**
Данный раздел начинается с описи материалов и включает:
- ситуационный план трассы,
 - раскладка строительных длин кабеля,
 - схема пересечений,
 - линейный ввод в УС,
 - прокладка ВОК по зданию УС,
 - прокладка ВОК в кабельной канализации,
 - план расположения трассы ВОЛС на различных участках,
 - спецификация на измерительное оборудование,
 - заказная спецификация на оборудование, изделия и материалы на участке,
 - план размещения кроссового оборудования,
 - схема ответвления волокон на ПКУ,
 - профиль кабельного перехода через автодорогу, реки, ж/д.
- Раздел 2. Станционные сооружения**
В данном разделе должны быть отражены общие данные и приведены следующие документы:
- спецификация оборудования,
 - план расположения оборудования,
 - проектируемая функциональная схема,
 - таблица кабельных соединений линейной и питающей проводок,
 - протокол измерения защитного сопротивления,
 - трасса прокладки кабеля защитного заземления,
 - протокол технического совещания по вопросу размещения оборудования на УС.
- Необходимо разработать и приложить схемы:
- служебной связи,
 - расположений металлоконструкций,
 - управления,
 - подключения оптического и симметричного кроссов,
 - синхронизации,
 - подключения оптических волокон,
 - общей схемы ЭПУ и её включения.
- Раздел 3. Приспособление помещений**
- Часть 1. Архитектурно-строительная**
Выделение помещений под реализацию проекта должно быть отражено в таких документах как: общие данные, фрагменты плана помещения или подвала, ведомость отделки помещений, сборочные чертежи.
- Часть 2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха**
В этой части прилагаются общие данные о вентиляции, о кондиционировании (подземные и наземные части), схемы системы вентиляции и установки кондиционирования, спецификация оборудования.
- Часть 3. Электротехническая. Электроснабжение, силовое электрооборудование и электроосвещение**
Раздел состоит из общих данных плана сети электроосветительного оборудования и силового электрооборудования, принципиальной схемы питающей сети, спецификации оборудования.
- Часть 4. Пожарно-охранная сигнализация**
Должны быть представлены общие данные и следующие материалы: план сети охранной сигнализации, схема подключения охранного оборудования, спецификация оборудования.

1.3 Перечень нормативно-технической документации по проектированию ВОЛС

1. Основные положения развития Взаимоувязанной сети связи Российской Федерации до 2005 года. - М., Минсвязи России, 1996г.
2. Положение о порядке координации работ по развитию Взаимоувязанной сети связи Российской Федерации. - Одобрено решением ГКЭС при Минсвязи России от 30.08.95, №126. Введено в действие 01.03.96, №145.
3. ГОСТ 21.101-97. Системы проектной документации для строительства. Основные требования к рабочей документации. - М., 1996г.
4. СНиП 11-01-95. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений Российской Федерации. - М., Решение ГКЭС России, 1995.
5. ВСН 111-93. Инструкция по проектированию линейно-кабельных сооружений связи. - М., 1993.
6. Технические указания по проектированию, строительству и эксплуатации кабельных линий связи в районах вечной мерзлоты. - М., 1981.
7. ГОСТ 21.406-88. Система проектной документации для строительства. Проводные средства связи. Обозначения условные графические на схемах и планах. - М., 1997г.
8. ВСН 332-93. Ведомственные строительные нормы. Инструкция по проектированию электроустановок предприятий и сооружений электросвязи, проводного вещания, радиовещания и телевидения - М., 1993г.
9. ВСН 116-2002. Ведомственные строительные нормы. Инструкция по проектированию линейно-кабельных сооружений связи - М., Минсвязи России, 2002г.
10. ВНТП 112-98. Ведомственные нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети. - М., Госкомсвязи России, 1998г.
11. ВНТП 113-86. Ведомственные нормы технологического проектирования. Проводные средства связи. Станции и узлы телеграфные и передачи данных. - М., Минсвязи СССР, 1986г.
12. ВНТП 111-86. Ведомственные нормы технологического проектирования. Проводные средства связи. Станции междугородные. - М., Минсвязи СССР, 1986г.
13. Правила применения оптических кабелей связи, пассивных оптических устройств и устройстве для сварки оптических волокон. Утверждены Мининформсвязи РФ 19.04.06
14. О перспективе использования волоконно-оптического кабеля, подвешенного на опорах высоковольтных линий электропередачи для организации магистральных и зонавых сетей связи. - Решение ГКЭС при Минсвязи РФ №56 от 27.10.96.
15. Руководство по защите оптических кабелей от ударов молнии. - М., Минсвязи России, 1996г.
16. РД.45.200-2001. Применение волоконно-оптических средств на сетях доступа. Рук.тех.материал.
17. РД 45.186-2001. Аппаратура волоконно-оптических усилителей для применения на взаимоувязанной сети связи Российской Федерации. ТТ.
18. РД 45.286-2002. Аппаратура волоконно-оптической системы передачи со спектральным разделением. ТТ.
19. РД 45.120-2000. Нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети.
20. Закон РФ "О связи" №126-ФЗ от 07.07.03 с изменениями, принятыми в 2007г.
21. Закон РФ "О техническом регулировании" №184-04 от 27.12.02г.

2. Строительство ВОЛС

2.1 Организация строительства ВОЛС

Строительство волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) это комплекс организационных и технических мероприятий, включающих: подготовку к строительству, прокладку (подвеску) оптического кабеля (ОК), монтаж и измерения ВОЛС и сдачу ее в эксплуатацию.

Организация и технология проведения работ по строительству ВОЛС в значительной мере аналогичны работам по строительству электрических кабельных линий связи, однако имеется ряд отличий, обусловленных характеристиками и параметрами волоконно-оптических кабелей (ВОК).

В процессе организации и осуществления строительства ВОЛС, как правило, выполняются следующие мероприятия:

- организация и проведение подготовительных работ;
- прокладка или подвеска ОК;
- монтаж ВОЛС;
- проведение приемосдаточных измерений и сдача ВОЛС в эксплуатацию.

Основные различия в строительстве ВОЛС обусловлены в основном способами прокладки ОК. Выбор способа прокладки зависит от многих факторов. В некоторых случаях выбор достаточно очевиден, например, когда кабели прокладывают непосредственно в грунте или внутри помещений. Иногда экономичнее прокладывать ОК по мосту, чем под водой. Выбор между воздушной и подземной прокладками зависит от рельефа местности, категории грунта и даже плотности населения. При выборе подземного варианта необходимо решать вопрос, прокладывать ли ОК непосредственно в грунте или в защитных пластмассовых трубках и т.д.

Основными особенностями конструкций ОК, определяющими область их прокладки, являются:

- состав элементов конструкции ОК (наличие или отсутствие гидрофобного заполнения, металлических элементов),
- механические характеристики (в основном допустимые растягивающее и раздавливающие усилия),
- материал наружной оболочки.

Характерными особенностями конструкций ОК по сравнению с медно-жильными кабелями связи являются:

- малые размеры и масса,
- большая строительная длина (4 – 6 км и более),
- малая величина погонного затухания,
- отсутствие необходимости содержания ОК под избыточным воздушным давлением,
- стойкость к электромагнитным (гроза, ЛЭП и др.) воздействиям (металлические конструктивные элементы используются только в качестве бронепокровов и/или для предотвращения поперечной диффузии влаги (оболочки "АЛПЭТ", "СТАЛПЭТ") [2].

При строительстве ВОЛС применяются следующие способы прокладки ВОК:

прокладка ОК в грунт:

- ручным способом в заранее отрытую траншею;
- бестраншейным способом с помощью ножевых кабелеукладчиков;
- в защитных полиэтиленовых трубах (ЗПТ), проложенных в грунт одним из указанных выше способов;

прокладка ОК в кабельной канализации:

- непосредственно в каналах кабельной канализации;
- в ЗПТ, проложенных в кабельной канализации;

прокладка ОК через водные преграды:

- горизонтальное направленное бурение;

подвеска самонесущего ОК на опорах:

-железнодорожного транспорта, электрифицированного городского транспорта, освещения и др.;

-линий электропередач;

прочие методы прокладки ОК.

В Приложении 1 приведены классификации подземных, подвесных и подводных оптических кабелей.

Очень важно, чтобы при любом методе прокладки предусматривалась дополнительная длина ОК на обоих концах участка, на котором проводят измерения и сращивание. Запас по длине должен быть достаточным для того, чтобы можно было выполнять повторные соединения в муфтах [3].

2.2 Подготовка к строительству

Подготовка к строительству должна обеспечить технологическое развертывание строительно-монтажных работ и взаимоувязанные действия всех партнеров, участвующих в строительстве.

В процессе подготовки к строительству ВОЛС должны быть выполнены следующие мероприятия:

-заключен договор подряда на строительство;

-изучена проектно-сметная документация;

-изучены трассы и условия производства работ на месте;

-уточнены данные, приведенные в проекте организации строительства (ПОС) и при необходимости согласованы с Заказчиком строительства (проектной организацией)соответствующие изменения;

-определены потребности в рабочей силе;

-определены потребности и подготовлены механизмы, автотранспорт, измерительное, технологическое и другое оборудование;

-решены вопросы размещения по трассе строительно-монтажных подразделений;

Кроме того, в подготовительный период обязательно должен быть выполнен и ряд технических мероприятий. К ним относятся:

-проведение входного контроля всех барабанов с ВОК на кабельной площадке, в том числе и по передаточным характеристикам. Вывоз барабанов с кабелем на трассу, осуществление прокладки кабеля без проведения входного контроля не разрешается. Результаты входного контроля оформляются протоколами, которые представляются заказчику в разделе рабочая документация исполнительной документации;

-группирование строительных длин кабеля. При подборе кабеля исходят из того, что на одном регенерационном участке должен быть кабель, изготовленный одним заводом, одной конструкции (кроме случаев стыковки ОК для подводных или воздушных переходов), с одним типом оптического волокна и его защитным покрытием. При группировании строительных длин кабеля, прокладываемого в грунте, необходимо стремиться к тому, чтобы различные пересечения трассы приходились как можно ближе к концу строительной длины, а места размещения соединительных муфт были доступны для подъезда монтажно-измерительной автомашины.

По результатам группирования регенерационного участка составляется укладочная ведомость. Все паспорта, приложенные заводом изготовителем к каждому кабельному барабану, должны быть собраны вместе с укладочной ведомостью.

2.3 Прокладка оптического кабеля

Отличительной особенностью прокладки ОК по сравнению с электрическими кабелями являются высокие требования по уровню допустимых механических нагрузок.

Нагрузка, превышающая допустимый уровень, может привести к увеличению затухания либо к разрыву волокна; либо к дефектам ОВ (микротрещины и т. п.), которые позднее в процессе эксплуатации кабеля за счет действия механизма усталостного разрушения ОВ также приведут к его повреждению. Особенно чувствительны ОВ к механическим нагрузкам при низких температурах.

Для сокращения числа соединений и соответственно потерь на сращениях используются большие строительные длины ОК., что создает при их прокладке дополнительные нагрузки. Чтобы уровень нагрузки не превышал допустимый, необходимо принимать дополнительные меры и использовать специальное оборудование.

В частности, нормативно-технической документацией не допускается прокладка ОК при температуре ниже -10°C , предусматриваются непрерывный контроль продольных нагрузок на ОК, а также меры, ограничивающие механические нагрузки на ОК в процессе его прокладки и обеспечивающие защиту в процессе эксплуатации.

2.3.1 Прокладка оптического кабеля в грунт

Оптические кабели прокладываются в грунтах всех категорий, кроме грунтов, подверженных мерзлотным деформациям. Способы прокладки ОК через болота и водные преграды должны определяться отдельными проектными решениями.

При прокладке ОК в грунт применяются обычные методы прокладки, применяемые для электрических кабелей связи. Прокладка может осуществляться ручным способом в ранее отрытую траншею или бестраншейным способом с помощью ножевых кабелеукладчиков. Если используются ЗПТ, то сначала одним из указанных способов укладываются в грунт ЗПТ, а затем в них затягиваются ОК. Возможна прокладка ЗПТ с заранее уложенным в них кабелем. Непосредственно в грунт укладываются ОК, имеющие ленточную броню или броню из стальных проволок. Прокладка ОК в грунт должна осуществляться при температуре окружающего воздуха не ниже -10°C .

Земляные работы выполняются в соответствии с требованиями руководств по строительству линейных сооружений сетей связи. Работы по прокладке ОК в местах пересечения ими охранных зон магистральных трубопроводов газовой и нефтяной промышленности, электрических сетей должны выполняться с учетом требований соответствующих Инструкций по производству земляных работ в охранных зонах указанных коммуникаций.

Производство земляных работ в пределах охранных зон различных коммуникаций допускается только при наличии письменного разрешения организации, эксплуатирующей эти коммуникации и в присутствии их представителей.

При производстве земляных работ следует выполнять (кроме требований руководств по строительству линейных сооружений сетей связи) также требования действующих СНиПа земляные работы, правил охраны линий связи и других норм .

Прокладка кабеля в отрытую траншею

При прокладке ОК в отрытую траншею максимальное внимание должно быть уделено ограничению минимального радиуса изгиба ОК, для этого размотку кабеля, а при ручном способе прокладки переноску и укладку его в траншею проводят без перегибов, так же важными этапами строительства является подготовка грунтовой или песчаной постели и засыпка.

Перед прокладкой ОК в отрытую траншею дно ее должно быть выровнено и очищено от камней, строительного мусора и других предметов, которые могут повредить ОК после засыпки траншеи. В скалистых грунтах перед прокладкой ОК дно траншеи должно быть очищено от острых выступов и крупного щебня, под кабелем и над ним должен быть уложен защитный слой мягкого грунта или песка толщиной не менее 10 см.

Размотку кабеля и прокладку в отрытую траншею, как правило, производят с помощью специальных механизмов.

Прокладку кабеля в подготовленную траншею выполняют одним из следующих способов, применение которых зависит от условий трассы:

- укладка кабеля в траншею или на ее бровку с барабана, установленного в кузове автомобиля или на кабельном транспортере, который передвигается вдоль траншеи;
- вынос всей строительной длины ОК вдоль траншеи на руках.

В обоих вариантах при сматывании кабеля барабан должен равномерно вращаться специальными механизмами или вручную. Вращение барабана за счет тяги кабеля не допускается. Скорость вращения барабана должна постоянно согласовываться со скоростью прокладки кабеля по трассе. Не допускается сматывание кабеля с барабана петлями, вовремя размотки следят, чтобы перехлестнувшиеся витки не вызывали резких перегибов и рывков при сходе с барабана.

Если рельеф местности и дорожные условия не позволяют использовать технику, прокладка производится с выноской вручную всей строительной длины вдоль траншеи и последующим спуском кабеля в траншею. Необходимое число рабочих определяется из расчета нагрузки на одного рабочего не более 35 кг массы кабеля. Расстояние между рабочими должно быть таким, чтобы кабель при выноске не волочился по земле.

При недостаточном количестве рабочих применяют способ "петли". Барабан в этом случае устанавливают посередине или в другой, заранее отмеренной точке трассы.

ОК должен укладываться посередине дна траншеи без натяжения и плотно прилегать к дну траншеи. При прокладке нескольких кабелей в одной траншее их следует располагать параллельно с расстоянием между ними не менее 50 мм без перекрещивания.

При наличии на трассе различных пересечений кабель прокладывают способом «петли», протягивая ее в предварительно проложенной под препятствием полиэтиленовой трубе (рис. 2.1).

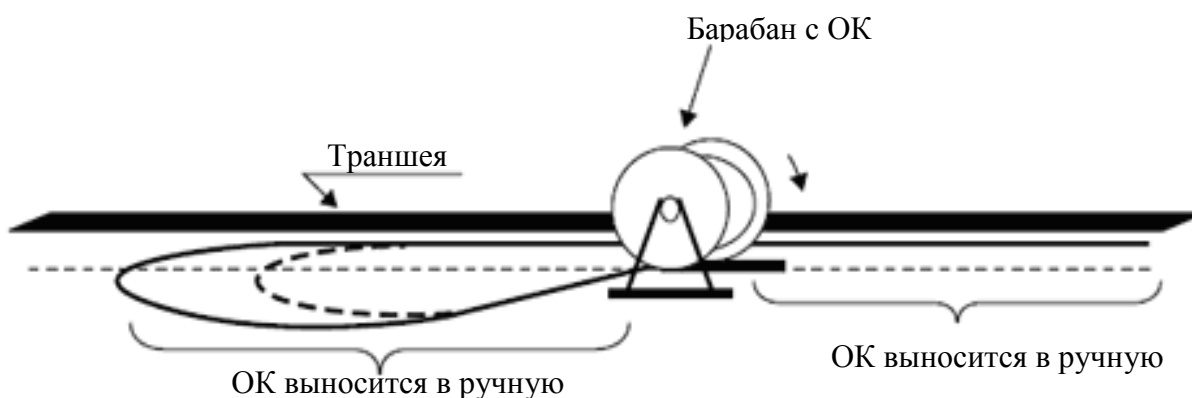


Рис. 2.1 – Схема прокладки ОК методом «петли»

Прокладка кабеля бестраншейным способом

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 др.), а также специальные машины и механизмы для прокладки

кабеля (кабелеукладчики, тяговые лебедки, пропорщики грунта, машины для прокола грунта под препятствиями и др.).

Бестраншейный способ прокладки кабеля с помощью кабелеукладчика благодаря высокой производительности и эффективности является основным. Он широко применяется на трассах с различными рельефами местности и разными грунтами. С помощью ножевого кабелеукладчика в грунте прорезается узкая щель, и кабель укладывается на ее дно на заданную глубину залегания (0,9... 1,2 м). При этом на кабель действуют механические нагрузки. Кабель на пути от барабана до выхода из направляющей кассеты подвергается воздействию продольного растяжения, поперечного сжатия и изгиба, а в случаях применения вибрационных кабелеукладчиков — вибрационному воздействию. В зависимости от рельефа местности и характера грунтов, конструкции и технического состояния кабелеукладчиков, а также режимов его работы механические нагрузки на кабель могут изменяться в широких пределах.

В настоящее время наиболее полно требованиям, предъявляемым при прокладке ОК., отвечают кабелеукладчики типа КНВ-3 а также КВГ-1,2 (рис. 2.2), предназначенные для работы на трассах любой протяженности, а также для работы в стесненных условиях, населенных пунктах, вблизи дорог, в лесу [4].

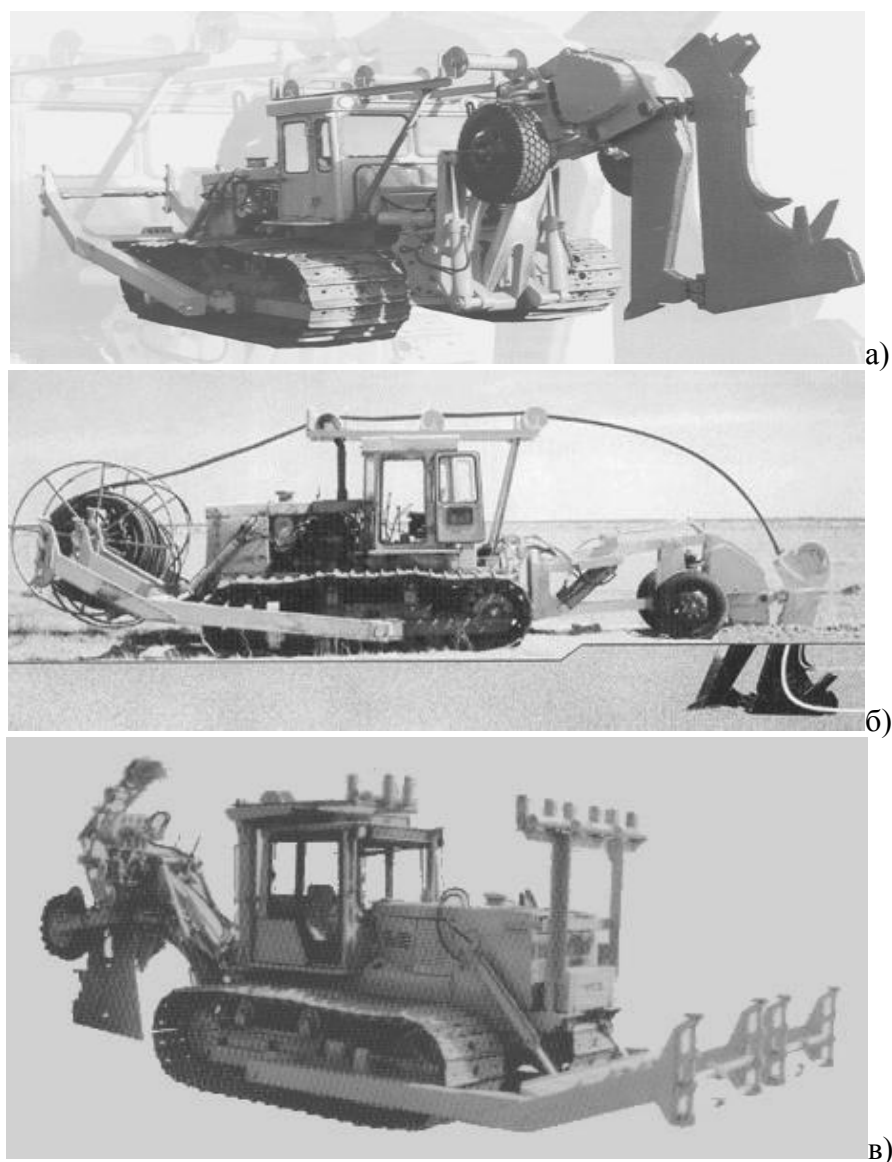


Рис. 2.2 – Кабелеукладчики – а) КВГ-1; б) КВГ-2 в) КНВ-3

В таблице 2.1 приведены основные технические характеристики кабелеукладчиков:

Таблица 2.1 – Технические характеристики кабелеукладчиков

Тип кабелеукладчика	КВГ-1	КВГ-2	КНВ-3
Категория разрабатываемого грунта	1-4	1-4	1-4
Глубина прокладки, до мм	1500	1500	900-1200
Диаметр прокладываемого кабеля, до мм	80	80	80
Диаметр прокладываемых труб, мм	32,40,50,63	32,40,50,63	32,40,50,63
Скорость прокладки кабеля, км/ч	0,4 - 1,5	0 - 2,5	0,4
Диаметр, мм / количество размещаемых барабанов, шт.	2250 мм / 2 шт 2500 мм / 1 шт		
Полная масса барабанов, кг	4000	4000	4000
Величина смещения рабочего органа, мм	-	1140	-
Ширина прокладываемой сигнальной ленты, до мм	75	75	75
Глубина преодолеваемого брода, м	1,1	1,1	1,1
Масса, кг	23000	24000	10000
Базовая модель трактора	Т-170 МБ.01		
	1/99		

При наличии на трассе каменистых включений и других препятствий, должна производиться предварительная пропорка грунта, осуществляемая пропорщиками. Их образцы представлены на рис. 2.3, а технические характеристики в табл. 2.2.

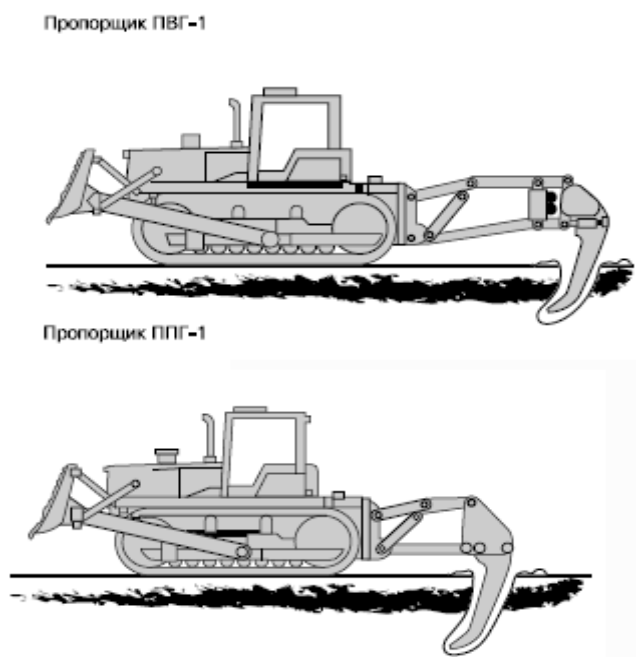


Рис. 2.3 – Прапорщики грунта

Таблица 2.2 – Технические характеристики пропорщиков

Категория разрабатываемого грунта	1 - 4
Глубина рыхления максимальная, мм	1500
Скорость разработки грунта, км/ч	0,5 - 1,5
Радиус поворота минимальный, м	16
Глубина преодолеваемого брода, м	1,0
Удельное давление на грунт, МПа	0,034
Снаряженная масса, кг	20500
Длина, мм	7850
Ширина, мм	7850
Высота, мм	3154
Базовая модель трактора	Т-170, Т-170Б

Подъем и заглубление ножа кабелеукладчика проводится в предварительно вырытом котловане для предотвращения недопустимых изгибов ОК. Вместе окончания одной строительной длины и начала другой отрывается котлован. Конец проложенного ОК освобождается из кассеты. Оставшаяся длина кабеля не должна быть менее 8 м. С другой стороны котлована заряжают в кассету конец следующей строительной длины ОК, оставляя тот же запас ОК. В дальнейшем в котловане монтируется оптическая соединительная муфта.

Прокладка ВОК в грунт в защитных полиэтиленовых трубах

Защитная полиэтиленовая труба (ЗПТ) – современная альтернатива традиционной асбестоцементной трубе кабельной канализации. ЗПТ может быть использована как для увеличения емкости традиционной кабельной канализации с одновременным приданием ей новых характеристик (путем прокладки ее в каналы существующей кабельной канализации), так и для прокладки непосредственно в грунт, фактически выполняя функции междугородной кабельной канализации [2].

Использование ЗПТ для строительства ВОЛС имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами прокладки кабеля в грунт:

- ЗПТ выполняет функцию механической защиты ОК, благодаря чему может быть применен кабель без брони, т.е. более дешевый, что удешевляет стоимость строительства;

- прокладка ЗПТ проводится с помощью тех же средств, что и прокладка оптического кабеля. При этом повреждения ОК при проведении земляных работ исключаются, т.к. ОК вводится в ЗПТ после завершения основной части прокладки;

- одновременно можно прокладывать несколько ЗПТ, учитывая резервирование и перспективу расширения сети без повторного проведения земляных работ;

- в случае, если ОК поврежден или перестал удовлетворять потребностям, он может быть извлечен из ЗПТ и заменен другим; применение ЗПТ с твердым антифрикционным внутренним слоем позволяет прокладывать оптический кабель большой строительной длины.

ЗПТ представляет собой трубу 25-63 мм (строительная длина в среднем 2 км) из полиэтилена высокой плотности с имеющимся на внутренней поверхности антифрикционным покрытием, что обеспечивает снижение коэффициента трения примерно вдвое по сравнению с поверхностью из обычных композиций полиэтилена, нормируемый срок службы ЗПТ составляет не менее 50 лет. Применение ЗПТ при сооружении волоконно-оптических линий передачи 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.

Классификация способов прокладки полиэтиленовой трубы приведена на рисунке 2.4.

Выпуск ЗПТ, используемых для прокладки ОК, осуществляют многие производители в России и за рубежом. Например технические характеристики ЗПТ ЗАО НПО "Стройполимер" приведены в таблицах 1.1, 1.2, 1.3 Приложения 1.

При строительстве ВОЛС используются следующие методы прокладки ОК в ЗПТ:

- ручное затягивание тросом;
- механизированное затягивание тросом;
- поршневой метод пневмопрокладки;
- беспоршневой метод пневмопрокладки;
- проталкивание ОК [3].

Затягивание ОК в ЗПТ при помощи троса является самым простым и доступным способом прокладки и может осуществляться как вручную, так и с использованием механизмов. Дальность прокладки за один цикл при этом существенно меньше, по сравнению с методом пневмопрокладки, что делает этот метод малоэффективным при строительстве магистральных ВОЛС. Данный метод может применяться при прокладке ОК в ЗПТ на небольшие расстояния (до 1 км за один цикл затягивания).



Рис. 2.4 – Способы прокладки полиэтиленовой трубы

Способ пневмопрокладки ОК в ЗПТ эффективен и широко применяется при прокладке ОК на большие расстояния, при этом возможна прокладка сразу всей строительной длины ОК (46 км) без выкладки кабельных "восьмерок" за счет каскадного метода пневмопрокладки. Прокладка осуществляется специальными устройствами (насосами) воздушной задувки, которые обеспечивают ввод кабеля в ЗПТ при давлении воздуха от 0,8 до 1,2 МПа и производительности 415 м³/мин.

При поршневом методе прокладки на ОК действуют две силы: сила затягивания, за счет применения парашюта (поршня) на конце ОК и давления воздуха на парашют, и добавочная механическая сила, которую дает устройство ввода кабеля. При этом методе необходимо четко регулировать допустимую растягивающую нагрузку на кабель за счет использования парашюта.

Прокладка ОК в ЗПТ является основным способом прокладки ОК в Европе. В последние годы с успехом она применяется и в России, в частности, на сетях таких операторов, как ОАО "Ростелеком", ЗАО "Компания Транстелеком" и др.

2.3.2 Прокладка ОК в кабельной канализации

Прокладка ОК непосредственно в каналах кабельной канализации

Прокладка ОК в кабельной канализации ведется как традиционным методом протаскивания, который используется для электрических кабелей, так и методом задувки.

При протаскивании используются управляемые лебедки, тросы и направляющие устройства. Лебедки всегда оборудуются устройствами, которые ограничивают усилие протаскивания или даже останавливают работу, когда нагрузка, которой подвергается ОК, приближается к опасному уровню.

При подготовке кабельной канализации особое внимание уделяется смазке канала, поскольку трение оказывает очень вредное влияние на оболочку ОК.

Для прокладки ОК в кабельной канализации применяются:

- концевые лебедки с ручным, бензиновым или электрическим приводами и регулируемым ограничением усилия тяжения;
- устройство для размотки кабеля с барабана (домкраты, кабельная тележка);
- гофрированные трубы с продольным разрезом для ввода кабеля через люк колодца в канал кабельной канализации (рис. 2.5);
- люкооггибающие ролики для прохождения кабеля через люк колодца (рис. 2.6);
- горизонтальные распорки и кабельные блоки для плавных поворотов кабеля в угловых колодцах (рис. 2.7);
- разрезные направляющие воронки, устанавливаемые на каналах кабельной канализации или ЗПТ для обеспечения требуемого радиуса изгиба и защиты оболочки кабеля от повреждений на входе и выходе канала (рис. 2.8);
- кабельный наконечник с чулком для тяжения кабеля (рис. 2.9);
- компенсатор кручения.



Рис. 2.5 – Гофрированные трубы

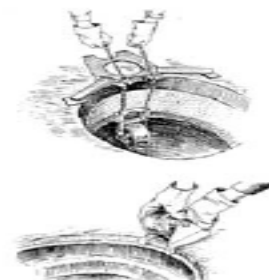


Рис. 2.6 – Люкооггибающие ролики

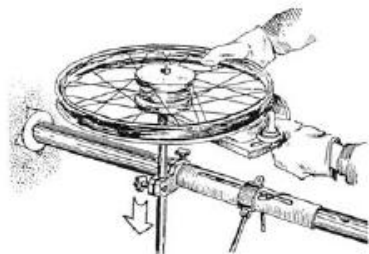


Рис. 2.7 – Горизонтальные распорки и кабельные блоки



Рис. 2.8 – Разрезные направляющие воронки

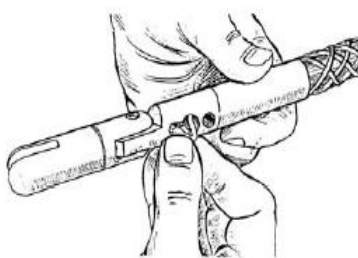


Рис. 2.9 – Кабельный наконечник с чулком

Прокладка кабеля на коротких участках осуществляется от первого колодца трассы, на сложных участках и на участках длиной больше 1 км, как правило, от середины участка или участка с наибольшим количеством поворотов. Прокладка строительных длин ОК длиной 2000 м и более должна производиться только в полиэтиленовой трубе.

Барабан с кабелем устанавливается в 1,5...2 м от люка колодца. На люк колодца устанавливается рама с гофрированной трубой для ввода кабеля в канал канализации. С

противоположной стороны трассы на люк колодца устанавливаются люкооггибающие ролики, а в 2...3 м от люка - концевая лебедка.

При прокладке больших строительных длин, а также на сложных участках трассы со множеством поворотов применяют различные методы разделения продольной нагрузки.

Самый простой и наиболее распространенный из них известен как «метод восьмерки», когда прокладка ОК с одного барабана ведется в две стороны. При этом барабан устанавливается у колодца, находящегося примерно посередине участка. Сначала ОК протаскивается с барабана в одну сторону, а затем остаток ОК равномерно сматывается с барабана, укладывается на земле в виде восьмерки и протаскивается в противоположную сторону. Этот метод требует наличия необходимого места для размещения ОК и защиты его от загрязнения.

Более сложный метод разделения продольной нагрузки связан с использованием на промежуточных пунктах специальных кабельных лебедок. ОК прокладывают непосредственно с барабана в одну сторону, а максимальная нагрузка на кабель зависит от расстояния между промежуточными пунктами. Однако при проведении работ необходимо хорошее согласование концевой и промежуточных лебедок.

Прокладка ОК в кабельной канализации методом задувки может осуществляться как непосредственно в канале, так и в полиэтиленовых трубках, предварительно заложенных в канал.

Прокладка ОК в специальных защитных пластмассовых трубках

Прокладка ОК в предварительно проложенных защитных пластмассовых трубках нашла широкое применение во всем мире. Этот способ наиболее полно использует преимущества ОК и весьма эффективен при прокладке магистральных и зонавых ВОЛС. Предварительное создание междугородной кабельной канализации удлиняет строительный сезон и сокращает сроки строительства благодаря возможности прокладки трубок на трудных и стесненных участках трасс, в населенных пунктах, в зимний период. Эффективно решаются многие вопросы эксплуатации, аварийно-восстановительных работ и особенно последующей модернизации и развития телекоммуникационной сети.

Использование защитных пластмассовых трубок позволяет в свою очередь использовать легкие небронированные ОК, строительная длина которых достигает 6 км и более.

Для сооружения трубопроводов обычно применяют трубки из полиэтилена или из поливинилхлорида. Наружный диаметр выпускаемых трубок 25...63 мм. Для уменьшения трения оболочки ОК при прокладке внутренняя поверхность трубок покрыта твердой смазкой, срок службы которой не меньше срока службы трубки. Длина выпускаемых трубок от 600 до 4000 м. Их наматывают на барабан и обычно прокладывают бестраншейным способом или в подготовленную траншею при температуре окружающей среды от -10 до +50 °С. При монтаже трубок используются пластмассовые и металлические соединительные муфты, а также переходные и компенсирующие температурное изменение длины муфты.

Прокладку ОК в трубках осуществляют двумя способами: протаскиванием (или проталкиванием) и задувкой.

Протаскивание ОК

Протаскивание ОК в трубке обычно осуществляется с помощью лебедки и троса (рис. 2.10). В большинстве случаев трос прокладывают с помощью плотно пригнанной по размерам трубки тележки-поводка, которая приводится в движение сжатым воздухом. Иногда трос заранее прокладывается в трубке.

Трение между ОК и трубкой вызывает увеличение усилия протаскивания, особенно возрастающее на поворотах и изгибах траектории. Это усилие ограничивает длину, которая может быть проложена за одно протаскивание. Контроль за усилием на лебедке позволяет максимальное усилие на ОК поддерживать ниже определенного предела.

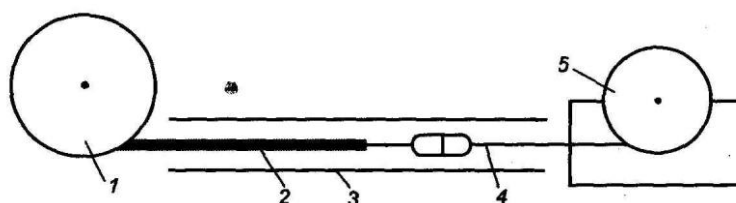


Рис. 2.10 – К пояснению протаскивания ОК с помощью лебедки и троса: 1 - барабан; 2 – ОК; 3 – трубка; 4 – трос для протаскивания; 5 – лебедка

ОК могут также прокладываться непосредственно с помощью тележки-поводка, приводимой в движение сжатым воздухом (рис. 2.11). Это в свою очередь приводит к уменьшению процесса прокладки на одну операцию (прокладка троса) и позволяет обходиться без лебедки.

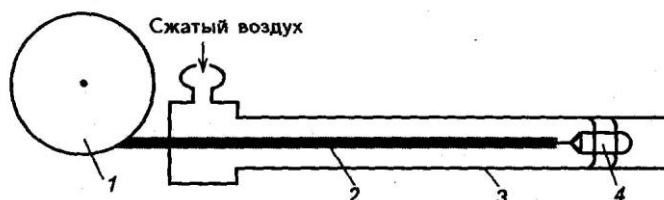


Рис. 2.11 – К пояснению проталкивания ОК с помощью тележки-поводка: 1 – барабан; 2 – ОК; 3 – трубка; 4 – тележка-поводок

Однако у этого метода (он обычно называется проталкиванием) имеются существенные недостатки. Во-первых, усилие проталкивания, определяемое площадью сечения тележки и избыточным давлением на ней ($P - P_a$), всегда меньше усилия протаскивания. В противном случае сжатый воздух повредит трубку или ОК. Во-вторых, когда кабели проталкиваются они могут выгибаться и прижиматься к стенке трубки, что вызывает дополнительное трение. Это приводит к тому, что прокладываемая длина значительно меньше, чем при протаскивании, и составляет несколько сот метров. Монтажную длину можно увеличить примерно в два раза, если при прокладке кроме тележки-поводка дополнительно использовать механическую подачу ОК при помощи роликов, которые приводятся во вращение двигателем (рис. 2.12). Однако при этом сложность метода проталкивания существенно возрастает, и его трудно использовать в полевых условиях. Поэтому он обычно используется для прокладки ОК относительно небольшой длины с вводом в техническое задание.

При использовании методов протаскивания и проталкивания усилие, прикладываемое к ОК, сосредоточено, в основном, в его начальной части (зоне головки) и является ограничивающим фактором монтажной длины. Если это усилие распределить вдоль всей длины ОК, то либо увеличится монтажная длина, либо уменьшится давление сжатого воздуха на трубку и ОК, которое может вызвать их повреждение.

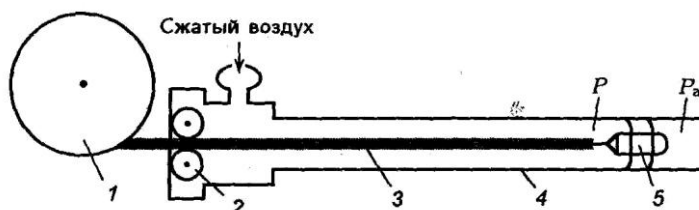


Рис. 2.12 – К пояснению проталкивания ОК с дополнительной механической подачей: 1 - барабан; 2 - двигатель с роликами; 3 - ОК; 4 - трубка; 5 - тележка-поводок длины

Если это усилие распределить вдоль всей длины ОК, то либо увеличится монтажная длина, либо уменьшится давление сжатого воздуха на трубку и ОК, которое может вызвать их повреждение.

Пневмопрокладка (задувка)

Одной из возможностей распределения усилий вдоль кабеля является применение метода задувки, который первоначально был разработан для легких и гибких городских ОК, а в последнее время стал широко применяться для прокладки ОК на магистральных и зонавых ВОЛС.

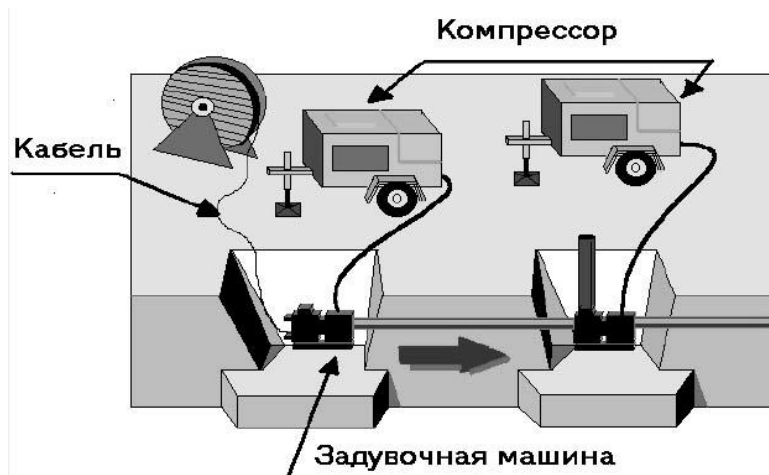


Рис. 2.13 – Прокладка ОК с помощью задувки

При методе задувки в трубку вдоль ОК с помощью обычного компрессора нагнетается высокоскоростной поток воздуха, и на кабель начинает действовать распределенная сила (рис. 2.13). Появление этой силы вызвано тяговым усилием вязкого, перемещающегося с большой скоростью воздуха. Сила пропорциональна диаметрам кабеля и трубки, а также величине избыточного давления сжатого воздуха. Суммарное по длине ОК усилие задувки по величине на порядок меньше усилия протаскивания, что уменьшает опасность повреждения ОК и позволяет существенно облегчить его конструкцию за счет силовых и армирующих элементов. Тем не менее, монтажные длины ОК за одну процедуру задувки в большинстве случаев сравнимы с монтажными длинами при протаскивании, а на извилистых трассах даже превышают их. Последнее обстоятельство, а именно слабая зависимость результатов использования метода от степени искривления траектории трубки, чрезвычайно упрощает распределение кабельных колодцев по трассе. При Каскадной схеме (рис. 2.14), возможна прокладка очень длинного отрезка кабеля, благодаря методу пневмопрокладки (строительные длины кабеля до 12 км).

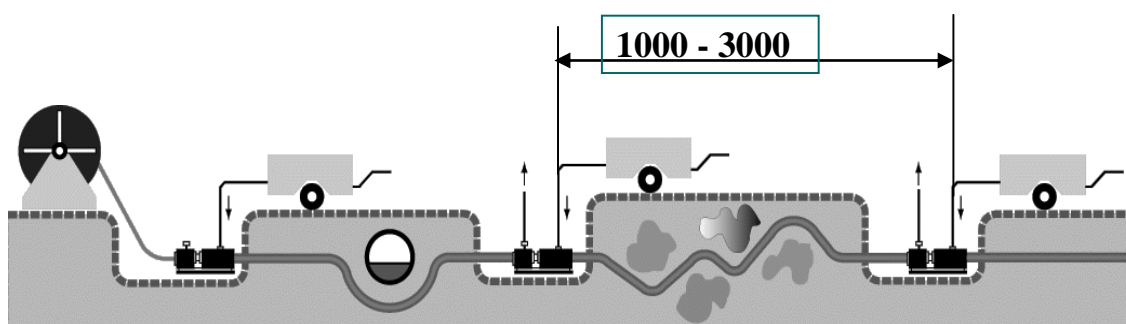


Рис. 2.14 – Каскадная схема

Значительное повышение эффективности метода задувки может быть достигнуто дополнительным протаскиванием или проталкиванием.

Преимущества пневмопрокладки:

- исключение технологических перемоток кабеля при преодолении препятствий,
- низкие напряжения в кабеле во время пневмопрокладки,
- снижение силы трения между кабелем и трубкой во время прокладки (рис. 2.15).

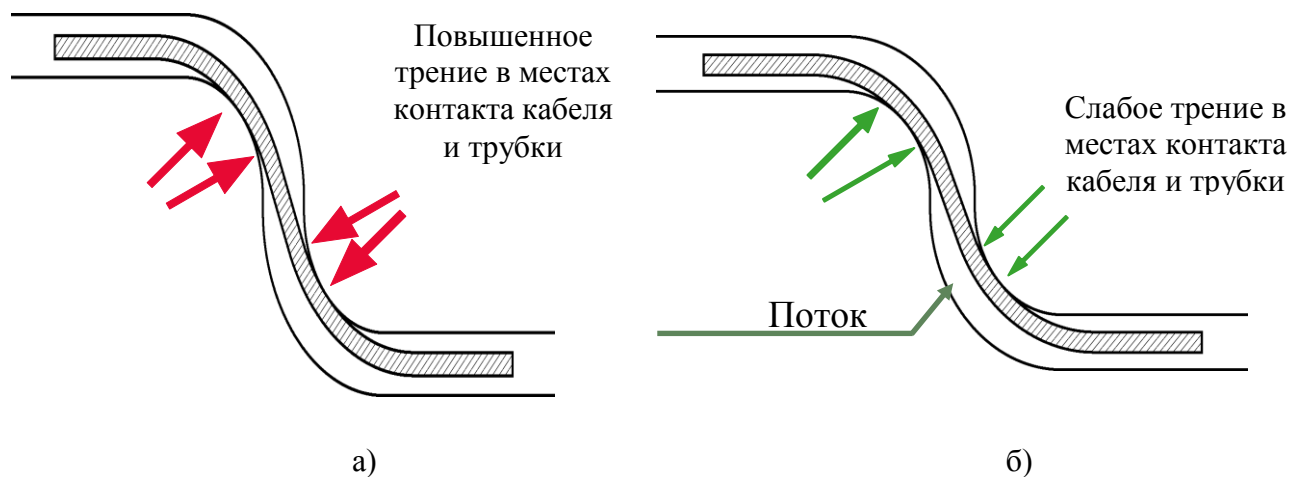


Рис. 2.15 – Трение между кабелем и трубкой во время прокладки:
а) при протяжке, б) при пневмопрокладке

Пневмопрокладка ОК в микротрубке

Технология микротрубки — это реализация идеи миниатюризации оптических кабелей и пластмассовых труб (рис. 2.16).



Рис. 2.16 – Преимущества миниатюризации. Кабель типа ДПО (слева) для задувки в ЗПТ и кабель "Стальной" для задувки в микротрубку

Миниатюризация в области связи интересна по следующим причинам:

- снижение первоначальных инвестиций;
- преимущества микротрубки:
 - Уменьшение расходов на производство оптических кабелей (ОК)
 - Снижение трудозатрат на модульный отвод и отпайку из многоволоконных ОК
 - Увеличение количества кабеля на барабане и уменьшение количества отходов
- простота применения при использовании стандартного оборудования и гибкость системы при построении сети доступа;
- многослойная конструкция позволяет получить очень стойкую к внешним воздействиям систему;

-снижается материалоемкость продукции — уменьшается расход материалов и энергии на изготовление кабеля/труб;

-сокращаются затраты на логистику (транспорт, погрузочно-разгрузочные работы, складское хранение и пр.), как правило, с материалами, имеющими меньшие габариты и вес, работать проще и легче;

-упрощается эксплуатация — оборудование доступнее по цене, а это означает более быстрый переход существующей эксплуатационной базы на другую, специализированную под микротрубку инфраструктуру и т. д.

Следует отметить, что уменьшение физического размера, безусловно, является положительным фактором и с экологической точки зрения — меньше вредных отходов при производстве комплектующих такой системы, а также значительно меньший объем материалов, подлежащих последующей утилизации, вторичной переработке.

Попытки разбить ЗПТ на секции или совместить несколько ЗПТ внутри направляющей трубы большего диаметра предпринимались уже давно, но не увенчались успехом.

Особенностью технологии, которая базируется на микротрубках, является появление в защитных пластмассовых трубопроводах (ЗПТ) полостей, разделяющих внутреннее пространства трубы на секции, в каждую из которых задувается свой миниатюрный кабель (рис. 2.17). Для осуществления такого секционного деления в ЗПТ и закладываются микротрубки — тонкостенные (толщиной менее 1 мм) полиэтиленовые трубки с внешним диаметром менее 12 мм. В эти направляющие микротрубки задувают совсем тонкий кабель



диаметром всего 5 — 6 мм, который, тем не менее, может содержать 72 волокна и более.

Задувка нескольких кабелей в одну ЗПТ "получает отрицательный ответ" по нескольким причинам, в частности, при задувке второго кабеля (а также третьего и т. д.) резко падает дальность задувки.

При задувке же в микротрубки кабели не соприкасаются друг с другом и в случае остановки кабеля всегда

Рис. 2.17 – Варианты создания миниатюрной кабельной канализации в ЗПТ: готовый пакет (слева) и микротрубки, задуваемые в ЗПТ (справа)

существует возможность "сдать назад". Кабель задувается по принципу, аналогичному пневмопрокладке кабеля в ЗПТ, — задувка с дополнительным проталкиванием. Как показала практика, это перспективный метод, так как позволяет обеспечить не только максимальную эффективность прокладки по соотношению "дальность задувки с одного поста/время задувки", но и деликатное обращение с кабелем, что гарантирует отсутствие механических повреждений. Поток воздуха создает проталкивающее усилие, распределенное по длине кабеля, благодаря чему кабель продвигается по трубке.

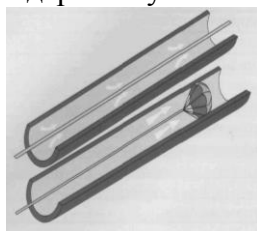


Рис. 2.18 – Задувка кабеля методом парашюта (внизу) и протаскивание потоком воздуха (сверху)

Ее длину следует выбрать такой, чтобы проталкивающее усилие в каждой точке было больше силы трения между кабелем и трубкой. Таким образом, предотвращается появление в кабеле растягивающего усилия и исключается "эффект кабестана"-экспоненциального нарастания усилия на изгибах и поворотах трассы. При задувке этим способом применяют дополнительное проталкивание, что еще более повышает эффективность. Благодаря нелинейному характеру расширяющегося потока воздуха задувка и дополнительное проталкивание работают совместно, удваивая расстояние прокладки кабеля.

Первоначально предложенный "принцип парашюта" для

задувки микрокабеля не позволяет обеспечить желаемой дальности, кроме того возникающие напряжения требуют закладки в конструкцию кабеля мощных армирующих элементов, что увеличивает его диаметр и вес (рис. 2.18).

Очевидно, что для задувки кабеля в микротрубки требуется малогабаритный, а потому более дешевый компрессор (меньшие выходные расходные характеристики, более дешевое оборудование задувки), что позволяет снизить затраты на эксплуатацию системы.

Общие преимущества технологии микротрубок

Эффективность — более полно используются существующие и вновь проложенные ЗПТ, увеличивается емкость трассы за счет большей плотности волокон в магистрали.

Максимальная отдача — снижается срок окупаемости системы за счет использования меньшего числа волокон на начальном этапе. Кроме того, происходит "размазывание" стоимости землеотвода — права прохода на все задуваемые микрокабели.

Потенциал модернизации. Оптические технологии постоянно меняются. Возможно, задувка нового кабеля с новыми волокнами — наиболее эффективное решение развития систем передачи.

Масштабируемость. За счет размещения в ЗПТ большого числа микротрубок упрощается добавление новых кабелей.

Система обеспечивает высокую гибкость, так как дает возможность включаться в свободные микротрубки/каналы в любом месте линии без перерыва связи на рабочих кабелях

Применение новейших строительных технологий позволяет обеспечить высокую скорость развертывания сети.

Рационализация затрат — можно не прогнозировать рост трафика и отказаться от закладки волокон на будущее. Вместо этого по мере необходимости за считанные дни можно вдуть новые кабели и сразу получать доход.

Экономичная эксплуатация. Использование технологии обеспечивает быстрое восстановление системы в случае обрыва, дополнительная защита в виде микротрубки позволяет кабелю проскальзывать и не подвергаться значительным нагрузкам при земляных работах сторонних организаций.

2.3.3 Прокладка ОК через водные преграды

В данном разделе подводная прокладка рассматривается как часть или отрезок подземной прокладки, когда приходится пересекать реки, ручьи, болота, озера, искусственные водоемы, каналы.

По действующим нормам прокладка кабеля связи через судоходные реки, сплавные и несудоходные реки глубиной до 3 м проводится с минимальным заглублением до 1 м. Без заглубления прокладка допускается при глубине водоемов более 8 м по согласованию с организациями, эксплуатирующими водоем. Заглубление кабеля в дно оросительного канала и арыка является обязательным. Практически целесообразность заглубления кабеля и его величина определяются проектом.

Указанные требования распространяются также на ОК связи и соответственно на способы и приемы производства прокладочных работ: укладку кабелей с буксирных или самоходных судов, понтонов, барж в подводные траншеи. Для такой прокладки используются ОК с металлическими упрочняющими элементами и металлическими оболочками. Эти кабели более герметичны, и их механические характеристики позволяют использовать традиционные технические средства прокладки. В процессе прокладки подводных кабелей вертикальный угол кабеля, когда он сходит с горизонтальной плоскости плавсредства, во избежание чрезмерного натяжения должен быть в пределах 30... 60°. При этом чем больше глубина подводной прокладки, тем больше этот угол.

Кабелеукладчики рекомендуется применять только на мелководье, так как на больших глубинах невозможно проконтролировать процесс прокладки кабеля. Грунты при этом не должны быть выше категории.

Опыт прокладки традиционных электрических кабелей связи через горные и сплавные реки показывает, что существующая технология (устройство вантовых переходов, значительное заглубление в дно рек с проведением дополнительных мер защиты) применима лишь для высокопрочных конструкций ОК.

Прокладка ОК без металлических элементов через отдельные водные преграды вызывает определенные трудности. Например, не исключается возможность всплытия кабеля при небольших перемещениях донных грунтов. При сильном течении кабель находится под дополнительной нагрузкой и нужно контролировать, чтобы уровень этой нагрузки не превысил допустимый. Поэтому прокладку кабеля рекомендуется выполнять с применением укладки защитного трубопровода и его заглублением в дно. Полиэтиленовые трубки, а на опасных участках стальные трубы могут прокладываться (как подземный кабель) на глубине до 1,2 м. Преимуществом применения трубок является то, что при встрече с неожиданным препятствием (даже при пропорке грунта) возможные повреждения ограничиваются трубкой, а не кабелем.

При прокладке магистральных ОК первичной сети на переходах через внутренние водные пути — судоходные и сплавные реки, водохранилища — осуществляется резервирование кабельного перехода путем прокладки кабелей по двум створам (верхнему и нижнему), расположенным на расстоянии не менее 300 м друг от друга. При наличии на трассе мостов автомобильных дорог общегосударственного и республиканского значения допускается прокладка одного из кабелей по мосту. При этом в основном и резервном кабелях включается по 50% ОВ.

При невозможности бестраншейной прокладки ОК кабелеукладчиками кабели на переходах через водные преграды прокладываются в предварительно разработанные подводные траншеи. Траншеи разрабатываются техническими средствами специализирующихся на подводных работах организаций. На судоходных реках подводные траншеи в русле при глубине до 0,8 м можно разрабатывать экскаваторами. При больших глубинах экскаваторы необходимо устанавливать на понтонах, перемещаемых по створу перехода с помощью тросов лебедками.

Весьма эффективным и простым средством разработки траншей для прокладки ОК в несвязных и мало связных грунтах являются гидромониторы, с помощью которых размывается грунт. Гидромониторы используются для размывания, траншей глубиной до 2 м на водных преградах глубиной 8... 12 м обслуживаются водолазами.

Разработанные на заданную глубину подводные траншеи должны приниматься по акту комиссией. Акт приемки готовой траншеи является единственным документом, разрешающим прокладку кабелей на водных переходах.

Прокладка ОК на размываемых берегах, имеющих уклон более 30°, на подъемах и спусках должна производиться вручную зигзагообразно (змейкой) с отклонением от оси направления прокладки на 1,5 м на участке длиной 5 м. При прокладке ОК на крутых берегах и в скальных грунтах вырубает штробу. В скальных грунтах кабель прокладывают на песчаной подушке с толщиной верхнего и нижнего слоев не менее 15 см.

Для избежания повреждений подводных ОК зона выполнения подводных кабельных переходов ограждается на судоходных водных путях предостерегающими створными знаками судоходной обстановки — «Подводный переход». Эти створные знаки (створные столбы) устанавливаются на обоих берегах в 100 м выше и ниже по течению от места расположения кабельного перехода. Они должны быть хорошо видны с судов, иметь на своих вершинах диски диаметром 1,2 м, на которых изображается перечеркнутый полосой якорь.

Горизонтальное направленное бурение

Одним из вариантов прокладки ОК через водные преграды является технология горизонтального направленного бурения (ГНБ).

Строительство по технологии горизонтального направленного бурения осуществляется в три этапа: бурение пилотной скважины, последовательное расширение скважины и протягивание трубопровода.

Перед началом работ тщательно изучаются свойства и состав грунта, дислокация существующих подземных коммуникаций, оформляются соответствующие разрешения и согласования на производство подземных работ. Осуществляется выборочное зондирование грунтов и, при необходимости, шурфление особо сложных пересечений трассы бурения с существующими коммуникациями. Результаты этих работ имеют определяющее значение для выбора траектории и тактики строительства скважины. Особое внимание следует уделить оптимальному расположению бурового оборудования на строительной площадке и обеспечению безопасных условий труда буровой бригады и окружающих людей.

Бурение пилотной скважины

Бурение пилотной скважины (рис. 2.19) – особо ответственный этап работы, от которого во многом зависит конечный результат. Оно осуществляется при помощи породоразрушающего инструмента – буровой головки со скосом в передней части и встроенным излучателем.

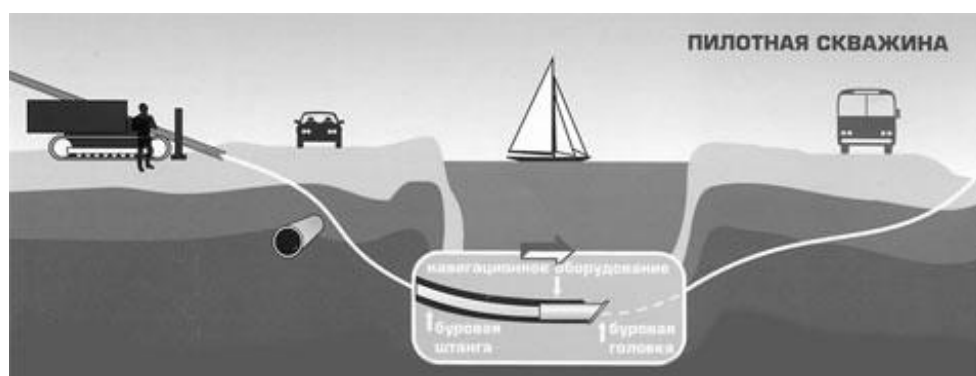


Рис. 2.19 – Бурение пилотной скважины

Буровая головка соединена посредством полого корпуса с гибкой приводной штангой, что позволяет управлять процессом строительства пилотной скважины и обходить выявленные на этапе подготовки к бурению подземные препятствия в любом направлении в пределах естественного изгиба протягиваемой рабочей нити. Буровая головка имеет отверстия для подачи специального бурового раствора, который закачивается в скважину и образует суспензию с размельченной породой. Буровой растеор уменьшает трение на буровой головке и штанге, предохраняет скважину от обвалов, охлаждает породоразрушающий инструмент, разрушает породу и очищает скважину от ее обломков, вынося их на поверхность.

Контроль за местоположением буровой головки осуществляется с помощью приемного устройства локатора, который принимает и обрабатывает сигналы встроенного в корпус буровой головки передатчика.

На мониторе локатора отображается визуальная информация о местоположении, уклоне, азимуте буровой головки. Также эта информация отображается на дисплее оператора буровой установки. Эти данные являются определяющими для контроля соответствия траектории строящегося трубопровода проектной и минимизируют риски излома рабочей нити. При отклонении буровой головки от проектной траектории оператор останавливает вращение буровых штанг и устанавливает скос буровой головки в нужном положении. Затем осуществляется задавливание буровых штанг без вращения с целью коррекции траектории бурения. Строительство пилотной скважины завершается выходом буровой головки в заданной проектом точке.

Расширение скважины

Расширение скважины осуществляется после завершения пилотного бурения. При этом буровая головка отсоединяется от буровых штанг и вместо нее присоединяется риммер —

расширитель обратного действия (рис. 2.20). Приложением тягового усилия с одновременным вращением риггер протягивается через створ скважины в направлении буровой установки, расширяя пилотную скважину до необходимого для протаскивания трубопровода диаметра. Для обеспечения беспрепятственного протягивания трубопровода через расширенную скважину ее диаметр должен на 25-50% превышать диаметр трубопровода.

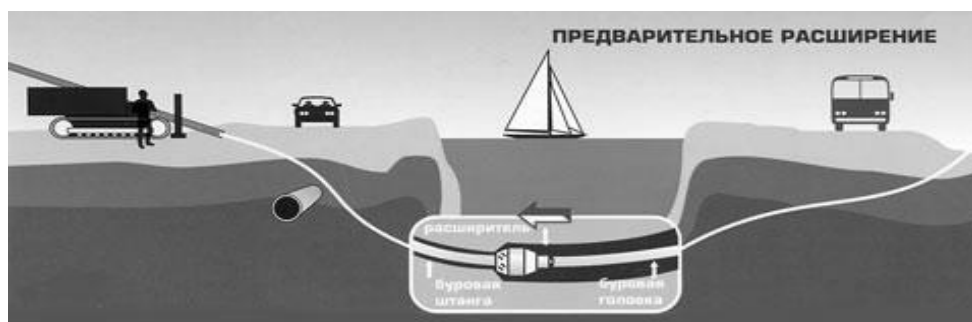


Рис. 2.20 – Последовательное расширение скважины

Протягивание трубопровода

Протягивание трубопровода на противоположной от буровой установки стороне скважины располагается готовая к протягиванию плеть трубопровода. К переднему концу плети крепится оголовок с воспринимающим тяговое усилие вертлюгом и риггером.

Вертлюг позволяет вращаться буровой нити и риггеру, и в то же время не передает вращательное движение на трубопровод.

Таким образом, буровая установка затягивает в скважину плеть протягиваемого трубопровода по проектной траектории (рис. 2.21).

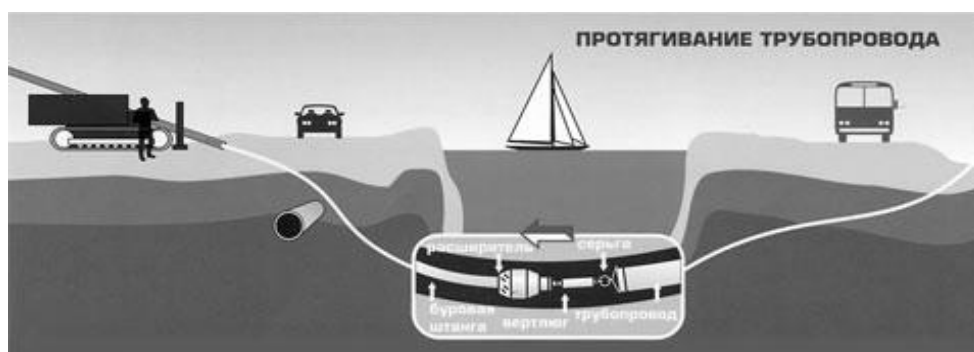


Рис. 2.21 – Протягивание трубопровода

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ГНБ

Производственно-технический аспект

1 Возможность бестраншейного строительства, ремонта и санации подземных коммуникаций в экстремальных условиях:

- под реками, озерами, оврагами, лесными массивами, сельскохозяйственными объектами;
- в специфических грунтах (скальные породы, плавунки и пр.)
- в охранных зонах высоковольтных воздушных линий электропередач, магистральных газо-, нефте-, продуктопроводов;
- в условиях плотной жилищной застройки городов при прохождении трассы под автомагистралями, трамвайными путями, скверами и парками;
- под действующими железными и автомобильными дорогами, взлетно-посадочными полосами аэропортов;

-на территории промышленных предприятий, включая ввод коммуникаций в производственные корпуса в условиях действующего производства.

2 Сокращение сроков и объема организационно-технических согласований перед началом работ в связи с отсутствием необходимости остановки движения всех видов наземного транспорта, перекрытия автомобильных и железных дорог.

3 Значительное сокращение сроков производства работ за счет использования высокотехнологичных буровых комплексов с большой скоростью проходки.

4 Значительное сокращение количества привлекаемой для прокладки трубопроводов тяжелой техники и рабочей силы.

5 Значительное уменьшение риска аварийных ситуаций и, как следствие, гарантия длительной сохранности трубопроводов в рабочем состоянии.

6 Отсутствие необходимости во внешних источниках энергии при производстве работ в связи с полной автономностью буровых комплексов.

7 Возможность обхода препятствий по трассе трубопровода и формирование траектории скважины практически любой конфигурации в пределах естественного изгиба буровых штанг.

8 Отсутствие необходимости производства работ по водопонижению в условиях высоких грунтовых вод.

Финансово-экономический аспект

Уменьшение сметной стоимости строительства трубопроводов за счет значительного сокращения сроков производства работ, затрат на привлечение дополнительной рабочей силы и тяжелой землеройной техники.

Минимизация затрат на энергообеспечение буровых комплексов вследствие их полной автономности и экономичности используемых агрегатов.

Отсутствие затрат на восстановление поврежденных участков автомобильных и железных дорог, зеленых насаждений и предметов городской инфраструктуры.

Сокращение эксплуатационных расходов на контроль и ремонт трубопроводов в процессе эксплуатации.

Социально-экологический аспект

Сохранение природного ландшафта и экологического баланса в местах проведения работ, исключение техногенного воздействия на флору и фауну, размыва берегов донных отложений водоемов.

Отсутствие ущерба сельхозугодиям и лесным насаждениям.

Минимизация негативного влияния на условия проживания людей в зоне проведения работ [4].

2.3.4 Подвеска кабелей

Требования к сооружениям и технологии подвески ОК на несущих тросах по столбам и стоечным опорам на крышах зданий, а также к самонесущим кабелям (если такие прокладки целесообразны и обоснованы) не отличаются от установленных требований для электрических кабелей связи..

Для воздушной подвески используют ОК, предназначенные для прокладки в земле, которые прикрепляются к имеющимся воздушным линиям связи тросом, либо ОК с самонесущим тросом. При подвеске следует учитывать прочность ОК при растяжении, длину пролета, стрелу провеса, механическую нагрузку (статическую и динамическую), колебания температуры, конструкцию опоры, способ натяжения ОК, конструкцию крепления к несущему тросу (если трос не встроен в кабель), защиту от грызунов, заземление, величину натяжения ОК при прокладке, способ выравнивания стрелы провеса, изменение натяжения ОК.

Несущий трос (отдельный или встроенный в кабель) должен обеспечивать минимальный радиус изгиба ОК и ограничивать оказываемую па него нагрузку.

Подвеска ОК на опорах железнодорожного транспорта

Подвеска ОК на опорах контактной сети железных дорог осуществляется с полевой стороны, с обеспечением нормируемых расстояний от проводов и сооружений, а также от поверхности земли. Переходы ОК с одной стороны эл.ж.д. на другую выполняются либо подземным способом с использованием кабельного канала из неметаллических труб, либо по воздуху с подвеской ОК на дополнительно установленных опорах. Расстояние перехода от фундамента ближайшей опоры контактной сети должно составлять не менее 10 м, а угол пересечения переходом железной дороги должен быть близок к 90°.

При подвеске ОК на опорах предварительно устанавливаются раскаточные ролики, по которым протягивается диэлектрический трос-лидер. Через вертлюг и кабельный чулок он соединяется с барабаном ОК, установленном на подъемно-тормозном устройстве. Протяжка троса-лидера с прикрепленным к нему ОК производится плавно лебедкой. При протягивании ОК производится визуальный контроль за его провисанием и отсутствием закручивания по трассе членами бригады, оснащенными биноклями и переносными радиостанциями. При подходе во время протяжки стыка троса-лидера и ОК к раскаточному ролику скорость протяжки, которая находится в пределах 1,8 км/ч, снижают до минимума.

Работы по закреплению ОК в расчетном положении производят не позднее, чем через 48 часов после его раскатки. В ходе этих работ выполняют: крепление ОК на опорах натяжными зажимами, переключивание ОК с роликов в поддерживающие зажимы, укладывают и закрепляют на опорах технологические запасы длин ОК. В качестве натяжных и поддерживающих зажимов преимущественно применяют спиральные зажимы.

Монтаж муфт ОК производится аналогично монтажу ОК, прокладываемых в грунт, в специально оснащенных автомашинах. Смонтированные муфты и технологический запас длины ОК крепятся на опорах, на расстоянии не менее 6 м от уровня грунта. Муфты, устанавливаемые на опорах, должны противостоять воздействию охотничьего оружия.

Подвеска ОК с креплением к внешним несущим элементам (с шагом 50,..60 см), применяемая на опорах линий связи, идентична технике подвески медно-жильных кабелей. Если масса ОК относительно велика, в качестве подвесов используют оцинкованные хомуты или же хомуты из стойкой к воздействию солнечного излучения пластмассы [5].

Подвеска ОК на опорах линий электропередачи

Особого внимания заслуживает опыт подвески ОК на линиях электропередач (ЛЭП). Для этих целей используют кабели: без металлических элементов, подвешиваемые на опорах ЛЭП; самонесущие без металлических элементов, подвешиваемые традиционным способом; встроенные в грозозащитный трос. Пролет между опорами воздушных линий электропередач, на которых монтируется ОК, должен быть не более 400 м, при этом необходимо обеспечить требуемый габарит подвески от земли. Прочность заделки кабеля в зажиме должна быть не менее 34 кН. Такие требования к креплению ОК могут успешно выполнить спиральные зажимы, которые навиваются на кабель. В случае приложения нагрузки зажим равномерно на значительной площади соприкосновения при малом удельном давлении обжимает кабель без деформации, которая может ослабить крепление.

Спиральные зажимы просты в монтаже и при малых затратах времени на их установку обеспечивают гарантированное качество крепления.

Крепление ОК на промежуточных опорах осуществляется поддерживающими, а на анкерно-угловых опорах натяжными зажимами (рис. 2.22). Известен также способ подвески ОК путем навивки его на один из проводов ЛЭП.

При всех рассмотренных методах воздушной подвески ОК на концах строительной длины всегда оставляются запасы кабеля, длина которых должна позволить проводить на земле необходимые измерения и выполнять монтаж соединительных муфт с соблюдением правил техники безопасности.

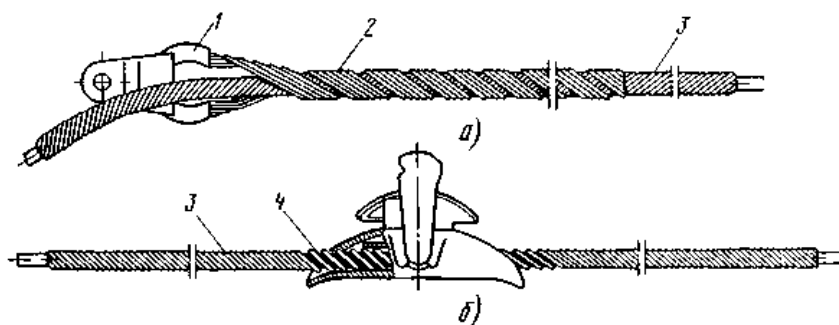


Рис. 2.22 – Зажимы для крепления ОК на опорах линий электропередачи:
 а) натяжной; б) поддерживающий,
 1 – ковш; 2 – зажим; 3 – протектор; 4 – амортизатор

Навивная технология строительства

Навивная технология ВОЛС - это новая технология строительства волоконно-оптических линий связи по опорам и проводам воздушных линий электропередач распределительных энергосетей низкого класса напряжений.

Данная технология разработана как альтернатива подвеске самонесущего диэлектрического оптического кабеля на опоры ЛЭП 6-10-35 кВ и имеет следующие преимущества по сравнению с подвеской самонесущего кабеля:

- Снижается нагрузка на опоры ЛЭП в процессе строительства и эксплуатации ВОЛС, за счет применения значительно более легкого и более тонкого навивного ОК, что особенно актуально для ЛЭП 6-10 кВ

- Снижается стоимость материалов и работ, за счет высокого уровня механизации процесса навивки и благодаря снижению стоимости кабеля и креплений

- Возрастает надежность ВОЛС в процессе эксплуатации, за счет снижения риска хищения кабеля и муфт (актов вандализма), т. к. кабель и сварочные муфты находятся под напряжением

- Не уменьшается просвет между линией и землей, что важно при переходе дорог и водных преград.

Область применения:

1 Загородные распределительные волоконно-оптические линии связи при возможности использования в качестве «кабельной канализации» инфраструктуру ЛЭП 6-10-35 кВ:

- Коттеджная и дачная застройка
- Корпоративные объекты
- Сельская связь.

2 Резервные магистральные ВОЛС. Поскольку реализация строительства ВОЛС способом навивки быстрее и экономичнее других способов, разумно начинать со строительства резервной линии.



Рис. 2.23 – Подвесная соединительная муфта для навивного ОК

Суть способа навивки заключается в следующем. Катушка с кабелем устанавливается на навивочной машинке, машинка катится по проводу ЛЭП и одновременно вращает катушку с кабелем вокруг провода, обеспечивая балансировку и натяжение кабеля при минимальном воздействии на несущий провод. В результате кабель спирально накручивается на провод с постоянным шагом навива.

Масса машинки с кабелем не превышает 37 кг, максимальный размах вращения катушки не более 0,4 м, запас кабеля на одной катушке до 1000 метров (для кабеля $d=6,5$ мм), т.е. при использовании кассеты из двух катушек

максимальная строительная длина составляет 1 км. Машинка приводится в движение с помощью буксировочного троса, вручную, с земли. Скорость движения машинки по проводу составляет порядка 0,5–1 м/сек., переход через опору занимает не более 10 мин. Поднятие машинки на опору, буксировка, переходы через опору могут производиться бригадой монтажников, состоящей из 3–4 человек. Таким образом, на прокладку прямолинейного участка длиной в 1 км требуется всего около 3–5 часов.

Строительные длины навитого ОК соединяются друг с другом с использованием подвесных сварочных муфт (рис. 2.23). Сварные соединения закрепляются в стандартной сварочной кассете (сплайс-пластине), затем кассета вместе с катушкой с запасом кабеля, помещается в герметичную муфту, которая подвешивается на проводе с помощью стандартных креплений.

Вес муфты с запасом кабеля и сплайс-пластиной не превышает 5 кг. Соединительная муфта имеет обтекаемую форму, подобную диску, подвешенному на проводе параллельно поверхности земли, для того, чтобы не оказывать большого сопротивления ветру, и не увеличивать ветровую нагрузку на опоры. И, кроме того, в процессе эксплуатации линии все муфты находятся под высоким напряжением, что исключает несанкционированный доступ к ним или проявление вандализма. Все металлические детали муфты, имеющие контакт с атмосферой, надежно защищены атмосферостойким покрытием в соответствии с требованиями стандартов. Для защиты корпуса муфты от прострела дробью нижняя крышка выполнена из утолщенной стали.



Рис. 2.24 – Сводный изолятор

Несмотря на то, что в конструкции кабеля применены только диэлектрические материалы, возможно стекание токов короткого замыкания по поверхности оболочки кабеля. Для перехода ОК с высоковольтного провода на заземленные конструкции опоры в начале и конце навивного участка применяется сводной изолятор, внешний вид которого показан на рис. 2.24. По продольной оси сводной изолятор имеет канал для пропускания волоконно-оптического навивного кабеля. На концах изолятора расположены герметичные разъемы, при помощи которых ввод и вывод кабеля надежно защищены от попадания атмосферных осадков в канал изолятора. Сверху сводной изолятор крепится к проводу ВЛ, а снизу с помощью кронштейна - к опоре ЛЭП.

Схема выполнения операций по навивке ОК на провода ВЛ 6-10 кВ приведена на рис. 2.25. Навивочная машинка (1) движется по проводу ЛЭП (3), при переходе изоляторов кабель крепится к проводу зажимом (4), на изоляторе кабель защищен протектором (5), схематически изображена соединительная муфта (6) с зажимом (7), и показан сводной изолятор (8) со своим зажимом (9), кронштейном (10) и выводом кабеля (11) в подземный участок линии.

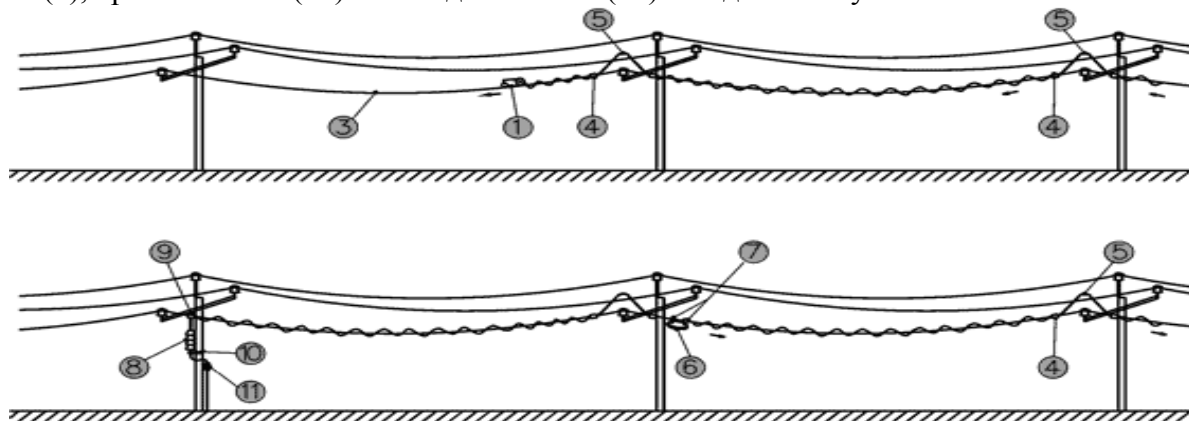


Рис. 2.25 – Навивка кабеля – обход опоры, соединение строительных длин ВОК, отвод кабеля с провода ЛЭП

Спецификация материалов и оборудования при навивной технологии строительства приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Спецификация материалов и оборудования

Оптический кабель навивной неметаллический	
Тип оптического волокна	SM (G.652, G.655) или MM (G.651)
Число волокон в кабеле	2, 4, 6, 8, 12
Диаметр кабеля	3,8-4,0 мм
Масса кабеля	13-18 кг/км
Класс напряжения	6; 10; 35; 110 кВ
Диапазон рабочих температур	от -60°C до +70°C
Укладочное оборудование - навивочная машинка	
Макс. строительная длина ОК Н-ВОЛП с внешним диаметром d=3,8 мм	3000 м
Полный вес навивной машинки и катушки с кабелем	< 45 кг
Максимальный радиус апертуры вращения	< 0,4 м

2.3.5 Прочие методы прокладки ОК

Для прокладки внутри зданий и объектов используют ОК различных конструкций. Их характерные особенности: неметаллические, без гидрофобного заполнения, легко монтируются в стесненных условиях, оболочка должна препятствовать распространению огня.

Одно и двухволоконные ОК обычно прокладывают вручную с соблюдением необходимых радиусов изгиба. При горизонтальной прокладке, как правило, настиляется фальшпол. Чтобы закрепить кабель непосредственно на стене, применяются крепежные планки и скобы. Часто кабели укладывают на стойках или в желобах.

Многоволоконные ОК прокладывают по готовым закладным устройствам, подобно электрическим кабелям связи. Однако в последнее время более широкое применение находит метод задувки ОК в заранее проложенные пластмассовые трубки.

Несомненный практический интерес представляет новый метод прокладки ОК, когда кабель передвигается потоком жидкости. Его преимуществом по сравнению с методом

задувки является тот факт, что существенно уменьшается трение, обусловленное массой кабеля. Это происходит потому, что кабель может частично плыть в жидкости.

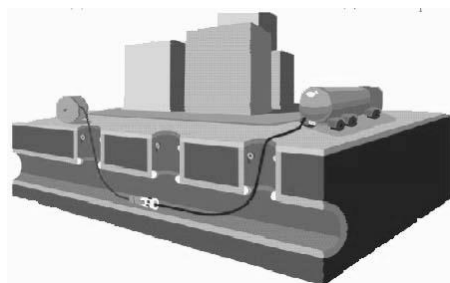


Рис. 2.26 – Прокладка кабеля в системах дренажа

Перед началом ввода оптического кабеля и затяжки его по всей длине трассы подготавливают смотровые колодцы. В каждом колодце устанавливают кабельные плечи и петли. После чего с начального колодца в конечный пропускают кабельный замок, который под напором воды проходит по каналу. Возле дальнего колодца размещается бобина с оптическим кабелем конец которого крепится к замку. Далее происходит затяжка кабеля по всей длине трассы (рис. 2.26).

Не так давно нашел свое применение метод прокладки кабеля без вскрытия асфальтового покрытия. Данный метод позволяет уменьшить стоимостные и временные показатели. Он основан на том, что кабель укладывается непосредственно в асфальтовое покрытие, то есть происходит экономия времени и денежных затрат на производство работ.

Работы производятся в несколько этапов:

- подготовка асфальтового полотна;
- укладка кабеля;
- заделывание кабельного шва.

Подготовка асфальтового полотна начинается с разметки прохождения пути кабельной “канавки”. После чего, машиной для резки асфальтового полотна, делается надрез глубиной 6 – 8 см, который промывается струей воды.

В подготовленную “канавку” укладывают оптический кабель, непосредственно разматывая его с кабельной бобины.

Заделку кабельного шва начинают с укладки металлического стержня, с помощью которого производится доступ к кабелю, в случае его повреждения. Далее прокладывают слой “Hold – down”, после чего заливают битумом.

Для муфты высверливают специальное отверстие, после чего ее монтируют на кабеле. После монтажа муфту устанавливают в отверстие и фиксируют.

Данный метод позволяет производить прокладку одного километра оптического кабеля в день [6].

2.4 Монтаж оптического кабеля

2.4.1 Сращивание оптических волокон

Независимо от метода прокладки ОК при строительстве линейных сооружений всегда возникает необходимость соединения строительных длин. Иногда этого требует сама технология монтажа, например, при соединении станционных и линейных ОК или в случае разветвления кабеля.

Состав и условия проведения монтажных работ

В состав монтажных работ входят:

- а) входной контроль ОК и проверка их после прокладки;
- б) сращивание в муфтах строительных длин кабелей, проложенных в кабельной канализации, коллекторах, непосредственно в грунте, по стенам зданий, подвешенных на столбовых и стоечных опорах;
- в) ввод и включение кабелей в оптические оконечные устройства;
- г) измерения оптических и электрических характеристик кабелей в процессе контрольных измерений смонтированных линий;
- д) отделка трассы, укладка и крепление муфт и запасов ОК в колодцах, установка консолей и специальных кронштейнов в колодцах, крепление и защита муфт на опорах; укладка и защита муфт в котлованах;
- е) маркировка кабелей и оконечных устройств;
- ж) выполнение мероприятий по защите кабельных линий от коррозии, влияния линий высокого напряжения и других помех.

Монтаж муфт на ВОЛС следует производить в монтажной машине, кабельных колодцах или в монтажных палатках над котлованом при плюсовой температуре, необходимой для нормальной работы сварочных устройств.

При необходимости должен быть обеспечен постоянный обогрев окружающего воздуха средствами, обеспечивающими выполнение требований пожарной безопасности и охраны труда.

Подготовка ОВ к сращиванию

Наилучшим и наиболее надежным способом получения неразъемного соединения ОВ является сварка. При сварном соединении концы ОВ предварительно юстируют друг относительно друга и сплавляют электрической дугой. Эти операции выполняются автоматически сварочным аппаратом.

Качество сварного соединения характеризуется двумя параметрами: «косым затуханием и прочностью к растяжению. Определяющее влияние на качество оказывает загрязнение ОВ и влага. Попадание пыли и влаги в место сварки неизбежно приводит к росту

затухания и снижения прочности. Поэтому рабочее место должно быть защищено от ветра и осадков. Необходимо также максимально снизить время между подготовкой ОВ и сваркой, что уменьшает вероятность загрязнения.

Создание сварного соединения начинается со снятия покрытия ОВ. Первичное и вторичное покрытия удаляются на длине порядка 20 мм механическим способом при помощи специальных инструментов, которые не повреждают при этом ОВ. Последнее чрезвычайно важно, поскольку поверхностные дефекты резко снижают его прочность.

Скалывание ОВ необходимо для получения чистой и ровной поверхности торцов для сваривания. Поверхность скола должна быть перпендикулярна к оси волокна с погрешностью



Рис. 2.27 – Механический инструмент для скола ОВ

менее одного градуса. Для скалывания ОВ немного растягивают и изгибают, а затем прикасаются к нему алмазным резцом. При этом волокно мягко скалывается в точке касания. Все это делается при помощи специального инструмента (рис. 2.27) и приспособлений. Длина очищенного от покрытий и сколотого конца ОВ составляет 8... 16 мм.

Для соединения кабелей связи применяют сварку ОВ; соединение с помощью механических сростков.

Метод сварки с помощью электрической дуги

Методы сварки электрической дугой многомодовых ОВ основаны на явлении возникновения сил поверхностного натяжения расплавленного кварца, которые уменьшают имеющееся смещение осей свариваемых волокон. Действие этих сил может регулироваться выбором оптимальных значений и тщательным контролем расстояния между электродами, величины дуги тока, длительности предварительного оплавления торцов ОВ, длины хода сжатия (усилия сдавливания ОВ), времени нагрева при сварке и температуры нагретого ОВ. Возникающих центрирующих усилий вполне хватает, чтобы вносимые в месте сварки многомодовых ОВ потери были незначительными. Как показали исследования, эти потери в месте сварки с надежностью 85 % не превышают 0,1 дБм.

При сварке одномодовых волокон приходится решать сложные инженерные задачи, связанные с необходимостью обеспечения малых значений осевого и углового смещений. Например, осевое смещение свариваемых одномодовых ОВ не должно превышать 0,1 мкм. Жесткий допуск по смещению продольных осей соединяемых одномодовых ОВ обусловлен тем, что силы поверхностного натяжения не могут обеспечить для данного типа волокна с диаметром сердцевины 8...10 мкм точную юстировку. Такие допуски при юстировке



Рис. 2.28 – Сварочный аппарат Fujikura FSM-17S

одномодовых ОВ не могут быть достигнуты вручную. В комплектах для сварки одномодовых ОВ используются системы автоматической юстировки со специальными микроподвижками, системой контроля качества юстировки и электронным блоком управления. На рисунке 2.28 приведен один из аппаратов для сварки ОВ Fujikura FSM-17S, а на рисунке 2.29 - иллюстрация наиболее важных шагов при сварке ОВ.

Процесс сварки ОВ в современных сварочных аппаратах может быть представлен следующим образом. Концы волокон устанавливаются друг относительно друга, каждое волокно фиксируется в подвижном V-образном блоке с магнитными зажимами. В большинстве современных сварочных аппаратов весь процесс является

автоматическим. С помощью микропроцессора и электронной технологии сканирования концы волокон юстируются друг относительно друга с точностью 1/10000 мм. Эта юстировка также контролирует угол скола и чистоту концов волокна. Концы волокна нагреваются с помощью электрической дуги между двумя точечными электродами и затем соединяются вместе образуя единое соединение.

В процессе сварки берут определенное количество электронных сканированных изображений, с которых можно наблюдать визуально или с помощью математического анализа качество соединения.

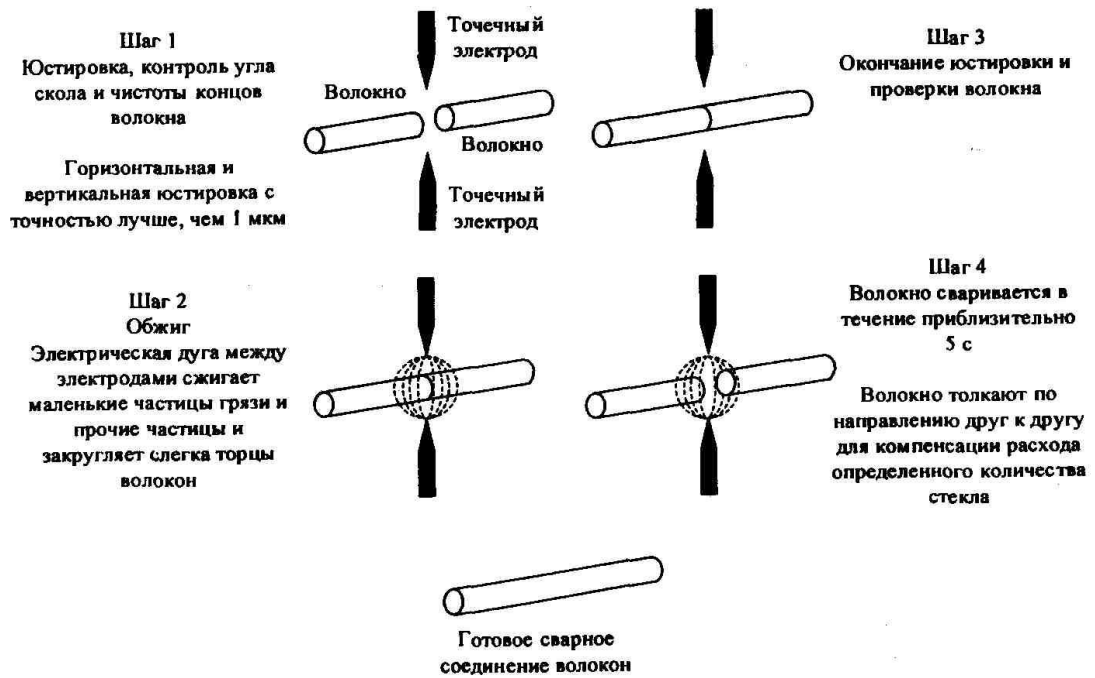


Рис. 2.29 – Иллюстрация наиболее важных шагов сварного соединения

Места соединения ОВ защищают одним из следующих способов: восстановлением защитного покрытия, заливкой места стыка эпоксидным компаундом и с помощью специальных гильз для защиты соединений световодов.

Сросток ОВ защищается с помощью специальных гильз.

Перед сваркой волокон гильзу надевают на один из сращиваемых концов ОВ. После сварки ее надвигают на место сварки и нагревают. В процессе нагрева и усаживания трубки сэвилен расплавляется и уплотняется вокруг ОВ. Несущий металлический элемент надежно защищает ОВ от изгиба внутри термоусаживаемой трубки.

В настоящее время существует большая номенклатура автоматических, полуавтоматических сварочных аппаратов. В Приложении 1 приведены важнейшие характеристики широко используемых сварочных аппаратов фирмы **Fujikura** (таблица 1.4).

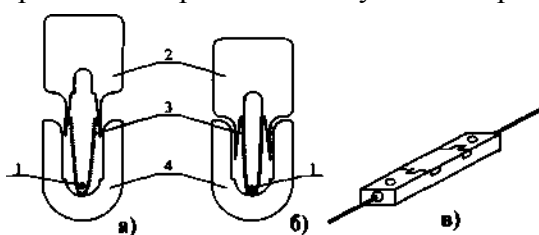


Рис. 2.30 – Механический сросток типа Fiberlock: а), б) соединитель при укладке ОВ; в) соединитель в собранном виде; 1 - волокно; 2 - пластмассовая крышка; 3 - металлический выравнивающий элемент; 4 - пластмассовое основание

Соединение ОВ с помощью сплайсов

Наиболее успешно со сваркой конкурирует способ соединения ОВ с помощью специальных соединителей механических сростков - сплайсов. Подготовка ОВ в данном случае проводится так же, как и для сварки. Для механического соединения концы подготовленных волокон поочередно укладывают в каналы, образованные выравнивающими элементами устройства, после чего обе половины устройства соединяют, фиксируя ОВ. Под

действием давления выравнивающих элементов соединяемые волокна юстируются.

Наиболее известны механические сростки типа Fiberlok фирмы ЗМ (США) (рис. 2.30). Потери в таком соединении не превышают 0,1 дБм. Часть механических соединителей реализуется с помощью трубок с прецизионными отверстиями. При реализации этого вида соединения ОВ два конца волокна соединяются внутри одной и той же трубки, часто заполненной жидкостью с согласующим показателем преломления. Соединение защищено эпоксидным клеем.

2.4.2 Конструкции муфт и особенности их монтажа

Общие сведения

После того, как выполнена сварка ОВ, строительные длины ОК соединяют при помощи соединительных (кабельных) муфт. Размеры и конструкция муфт должны быть такими, чтобы ОВ были защищены от действия окружающей среды, а внутри муфт имелось достаточно места для размещения сварных соединений и запаса ОВ с необходимым радиусом изгиба. Кроме того, в конструкции муфты должны быть предусмотрены детали для закрепления наружной оболочки и бронепокровов ОК, узлы для обеспечения механической непрерывности силовых элементов и устройства для обеспечения в случае необходимости электрической связи и заземления [7].

Основные требования к конструкциям соединительных муфт изложены в Рекомендациях МСЭ-Т. Дополнительно необходимо учитывать условия их работы (в колодцах кабельной канализации, непосредственно в грунте, на опоре, под водой или в помещении), которые определяют особенности монтажа и последующей эксплуатации. Необходимо учитывать также совместимость конструкций и материалов ОК и муфты, электрохимические реакции между ними недопустимы.

Наибольшей эксплуатационной надежностью должны обладать те элементы муфт, которые осуществляют защиту ОВ от механических воздействий и проникновения воды. В конструкции муфты всегда предусматриваются кассеты, предназначенные для размещения и фиксации сварных соединений ОВ. Для размещения резервных ОВ устанавливают дополнительные кассеты. Узлы заделки бронепокровов защищают от проникновения воды под броней.

В процессе монтажа строительных длин независимо от способа строительства линейного тракта ВОСП постоянно обеспечивается контроль качества выполненных сварных соединений. Одновременно проводят измерения оптического затухания в линии с целью выявления возможных повреждений ОВ в смонтированных строительных длинах ОК.

Все монтажные работы проводят в соответствии с инструкциями и руководствами заводов-изготовителей по монтажу конкретных типов ОК и соединительных муфт.

Оптические муфты

Различные конструкции муфт для оптического кабеля рассматриваются на примере муфт, разработанных и выпускаемых компанией «Связьстройдеталь». Техническая документация на оптические муфты приведена в таблице 1.5 Приложения 1.

Оптические муфты МОГ-М, МОГу-М, МОГт-М, МТОК 96/48, МТОК 96Т и другие обеспечивают возможность укладки их на консолях и специальных кронштейнах в типовых колодцах, коллекторах и помещениях ввода кабелей на АТС.

Оптические муфты МТОК 96-О1-IV и другие, предназначенные для размещения в котлованах, обеспечивают:

- возможность электрического соединения экранов или металлических силовых элементов сращиваемых ОК конструктивными элементами сечением не менее 2,5 мм²;

- возможность выводов проводов от металлических элементов конструкции ОК, раздельно для каждого ОК, для подключения к внешнему заземлению.

Оптические муфты для ОК, подвешиваемых на опорах ЛЭП, городского хозяйства и контактных сетей электрифицированного транспорта, обеспечивают возможность их подвески на опорах, а также подвески технологических запасов сращиваемых ОК. При необходимости муфты оснащаются защитными кожухами. При монтаже самонесущих ОК используются муфты типа МТОК, а при монтаже кабелей ОКГТ – муфты типа МОПГ (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Параметры оптических муфт

Наименование	Типоразмер	Места установки и эксплуатации муфт	Тип сращиваемых кабелей
Городские муфты	МОГ-М-О1-IV	Нормально заполненные или новые колодцы (расстояние между консолями – 800 мм) Городские коллекторы (расстояние между консолями – 900 мм)	Городские, внутриобъектовые, внутризоновые и магистральные ОК с оболочками диаметром от 6 до 21 мм
	МОГ _T -М-О1-IV	Переполненные колодцы Технические помещения зданий Опоры железобетонные и деревянные	
	МОГ _У -М-О1-IV	Старая кабельная канализация Малые колодцы и коробки (расстояние между консолями – менее 800 мм) Подвалы	
Магистральные муфты с встроенными контактными элементами для сращивания и изолирования брони	МТОК 96-О1-IV	Котлованы Колодцы Шахты (помещения ввода кабелей)	Магистральные ОК 2-го и 3-го типов с броней из стальных проволок
	МТОК 96В-О1-IV	Дно неглубоких (до 10 м) водоемов	Магистральные ОК 1-го типа с броней из стальных проволок (два повива)
	МТОК 96В1-О1-IV	Котлованы на берегах водоемов	Магистральные ОК 1-го, 2-го и 3-го типов
Универсальные муфты с комплектами для ввода ОК, которые подбираются по конструкции кабелей	МТОК 96/48-О1-IV* МТОК 96Т-О1-IV МТОК 96Т1-О1-IV МТОК 96/192Т-О1-IV МТОК 96/192Т1-О1-IV МТОК 96/192Т1-ТО1-IV	Помещения ввода кабелей (шахты) Колодцы Коллекторы Подвалы Опоры деревянные, железобетонные и стальные Уличные шкафы для оборудования Технические помещения Подземные контейнеры Котлованы	Всех видов и назначений, с любыми видами брони и силовых элементов, кроме ОК 1-го типа Муфты обеспечивают ввод петли транзитных модулей
	Проходной вариант: МТОК 96/216-О1-IV	Колодцы Помещения ввода кабелей Подвалы Технические помещения	ОК всех видов и назначений, с любыми видами брони и силовых элементов, кроме 1-го типа Муфты обеспечивают ввод двух транзитных петель
Магистральные муфты для комбинированного железнодорожного кабеля	МТОК 96ТЖ-УХЛ5-II	Котлованы Колодцы	Комбинированный железнодорожный кабель с оптическими волокнами и медными жилами для технологической связи и устройств СЦБ железных дорог
Магистральные муфты для ОК, встроенных в грозозащитные тросы ЛЭП	МОПГ-О1-IV	Стальные опоры линий электропередачи (ЛЭП)	Встроенные в грозозащитные тросы, самонесущие, навивные и прикрепляемые ОК

Муфты оптические городские типа МОГ

Муфты типа МОГ-М представляют собой модернизированные муфты семейства МОГ (табл. 2.5). Основой муфт типа МОГ-М является лоток из нержавеющей стали, в середине его установлена и закреплена одна кассета с крышкой. Лоток оснащен узлами крепления для центральных силовых элементов вводимых ОК. На концах лотка имеются два приваренных кронштейна, к которым крепятся с помощью стальных хомутов все вводимые в муфту ОК. Корпус муфт выполнен в виде трубы из высокопрочной пластмассы диаметром 90 мм и толщиной 3 мм. Оголовники муфт, изготовленные из прочной пластмассы и имеющие по три заглушенных конических патрубка, жестко закрепляются на концах лотка.

Таблица 2.5 – Технические характеристики муфт типа МОГ

Наименование	МОГ-М-О1-IV	МОГу-М-О1-IV	МОГт-М-О1-IV
Тип муфты	проходная или тупиковая		тупиковая
Максимальное число соединяемых ОВ, шт.	96	64	96
Максимальное число вводимых ОК, шт.	6		3
Диаметры соединяемых ОК, мм	6-21		
Температура эксплуатации, 0С	от минус 60 до + 70		
Габаритные размеры: диаметр, мм длина, мм	90 1090	90 784	90 670
Масса, кг	2,12	1,67	1,52

Магистральные муфты

Пластмассовые муфты тупикового типа многократного применения предназначены для прямого и разветвительного сращивания магистральных и внутризонавых оптических кабелей с различными бронепокровами, прокладываемых в кабельной канализации, в грунтах всех категорий, включая вечную мерзлоту и водные преграды глубиной до 10 м. Муфты МТОК 96-О1-IV, МТОК 96В-О1-IV и МТОК 96В1-О1-IV имеют одинаковые оголовники, контактные элементы, кронштейны и кассеты. Отличаются они только комплектами для ввода ОК (табл. 2.6).

Таблица 2.6 – Технические характеристики магистральных муфт

Наименование	МТОК 96-О1-IV	МТОК 96В-О1-IV	МТОК 96В1-О1-IV
Тип муфты	тупиковая		
Максимальное число соединяемых ОВ, шт.	96		
Максимальный наружный диаметр соединяемых ОК, мм	25	29	
Температура эксплуатации, 0С	от минус 60 до +70		
Габаритные размеры: диаметр, мм длина, мм	159 519	159 683	
Масса, кг	2,9	4,8	
Масса муфты чугунной защитной (МЧЗ), кг	23		
Масса муфты полиэтиленовой защитной (МПЗ), кг	2,3		

Количество кассет для магистральных муфт: в базовом комплекте 1, максимально возможное - 3.

Радиус изгиба ОВ на кассете для магистральных муфт: min 38 мм, max 60 мм.

Заземление брони ОК. Контейнер проводов заземления (КПЗ) заменяет столбики и предназначен для осуществления периодических измерений величины сопротивления изоляции шлангов ОК и подачи сигнала генератора по броне ОК при поиске мест повреждений шланга.

КПЗ закапывается в землю над муфтой на глубине 20 см от поверхности земли и защищается отрезком асбестоцементной трубы диаметром 100 мм.

Универсальные оптические муфты

Предназначены для прямого и разветвительного сращивания всех видов оптических кабелей, с любыми видами брони и силовых элементов:

- подвесных самонесущих ОК с повивом из синтетических нитей или с броней из стеклопластиковых прутков;
- ОК с металлическим гофрированным бронепокровом (или без бронепокровов);
- ОК 2-го и 3-го типов с бронепокровом из металлической проволоки при прокладке их в грунте с введением “транзитной” петли в муфту, а также в кабельной канализации;
- Универсальность муфт заключается в том, что они могут использоваться и как магистральные, и как городские муфты, т.к. их можно:
- подвешивать на опорах ВЛС, ЛЭП, контактной сети железных дорог, городского электрохозяйства и осветительных сетей;
- укладывать в подземные контейнеры ПОД или КОТ при прокладке ОК в ЗПТ;
- устанавливать в колодцах, коллекторах на специальных кронштейнах;
- укладывать в котлованы в защитных муфтах МЧЗ или МПЗ.

Монтаж оптических муфт

Условия приемки в монтаж проложенных ОК. При приёмке проложенного оптического кабеля в монтаж необходимо проверить длину технологических запасов, оставленных для монтажа муфт.

Длины запасов ОК должны обеспечивать возможность их подачи в зону, удобную для организации рабочего места монтажников.

Длина запаса с каждой стороны проложенного кабеля должна быть от 7 до 20 метров.

Концы кабелей, оставляемых в месте будущего монтажа муфт, должны быть герметично заделаны.

Организация рабочего места для монтажа оптических муфт. Монтаж оптических муфт на кабелях местных сетей связи, как правило, производят в специально оборудованной монтажной машине на базе автомобиля повышенной проходимости с кузовом микроавтобуса или КУНГ.

Допускается производство монтажа оптических муфт в колодцах, городских коллекторах, помещениях ввода кабелей на АТС, в палатках, установленных около колодцев, котлованов или опор. Рабочие места, подготовленные в перечисленных выше условиях, должны быть сухими, должны иметь достаточное освещение и вентиляцию и обеспечивать размещение рабочего стола для сварочного устройства и мест для двух монтажников. Температура окружающего воздуха на рабочем месте должна быть такой, при которой возможна нормальная работа оборудования и приборов.

Монтаж оптических муфт должен производиться в строгом соответствии с указаниями инструкций (руководств, технологических карт) по их монтажу.

Заземление металлических элементов оптических кабелей. Металлические элементы оптических кабелей должны заземляться при вводах ОК в станционные сооружения, в технические помещения, где устанавливается оборудование ВОЛП.

Приемо-сдаточные испытания

Сдача в эксплуатацию законченных строительством линейных сооружений и объектов ВОЛС организуется и проводится в соответствии с официально утвержденными положениями и руководствами по приемке [8]. Специальным комиссиям, в состав которых входят

представители заказчика и производителя работ, представляется для проверки вся исполнительная документация и сама ВОЛС.

В состав исполнительной документации входят:

- паспорт ВОЛС;
- проектная документация на строительство, полученная от заказчика и откорректированная в соответствии с реально выполненными работами;
- протоколы измерений на усилительных и регенерационных участках ВОЛС.

В паспорте ВОЛС для линейных сооружений содержится карта сети, на которой показаны трассы прокладки ОК и расположение всех строительных объектов и построек. Существенной особенностью этого документа (особенно в отсутствие в ОК металлических проводников) являются повышенные требования к точности карты. Если в электрических кабельных линиях трасса прохождения кабеля определяется с помощью кабелеискателей, то в ОК без металлических проводников подобный метод отыскания трассы неприемлем. Поэтому трассы прохождения ОК и данные о расстояниях до реперных точек (НУП, НРП, замерные столбики, ориентиры на местности и т.д.) должны быть указаны на карте с точностью до 0,3...0,4 м.

ОК на карте нумеруют, а их типы, длины и конечные пункты сводят в таблицы.

Протоколы измерений на усилительных и регенерационных участках должны содержать следующую информацию:

- общее затухание трассы и участков;
- количество неразъемных (сварных) соединений ОВ и вносимые потери в них;
- длину волны измерения;
- тип и модель измерительной аппаратуры.

При приемке в эксплуатацию линейных сооружений ВОЛС проверяют соответствие выполненных строительно-монтажных работ проектной документации, стандартам, строительным нормам и правилам проведения работ. Производят визуальный осмотр трассы, внешнее состояние проложенного или подвешенного ОК, правильность установки и монтажа соединительных муфт и устройств ввода ОК в технические помещения. Выполняют измерение оптических потерь каждого регенерационного участка с помощью сертифицированного оптического рефлектометра и оптического тестера в прямом и обратном направлениях. При этом измерение полного затухания регенерационных пунктов ведется методом вносимых потерь. Нормы и объемы обязательных измерений определяются техническими требованиями и зависят от конструкции ОК, назначения ВОЛС и системы передачи.

Для измерений в полевых условиях используют специально оборудованные передвижные лаборатории.

После приемо-сдаточных испытаний сеть или линию сдают в эксплуатацию на весь срок ее службы. При расширении или любых изменениях сети в паспорте ВОЛС должны быть внесены соответствующие коррективы.

3. Основы технической эксплуатации

3.1 Организация технической эксплуатации

Техническая эксплуатация представляет собой совокупность мероприятий, обеспечивающих работоспособность всех технических объектов ВОЛС. Производственная деятельность технических объектов должна быть организована таким образом, чтобы в течение всего срока эксплуатации затраты на их техническое обслуживание и потери доходов за счет аварий и повреждений были минимальными [9].

В связи с этим процесс технической эксплуатации включает в себя техническое обслуживание и ведение производственной документации.

Техническое обслуживание направлено на обеспечение высококачественной и надежной работы ВОЛС в пределах установленных норм и требований. Оно включает:

- непрерывный эксплуатационный и технический контроль;
- измерение рабочих характеристик;
- ремонтно-настроечные и ремонтно-восстановительные работы;
- операции управления и переключения на резерв.

Производственная документация ведется с целью систематического анализа состояния ВОЛС, эффективности применяемых методов эксплуатации, причин, характера и длительности устранения аварий. Она подразделяется на эксплуатационно-техническую и техническую. В состав эксплуатационно-технической документации входят: протоколы измерения и контроля параметров передачи ВОЛС, сведения о повреждениях и авариях, данные по ремонту и устранению неисправностей, документация по охране ВОЛС. Техническая документация содержит паспорт ВОЛС, протоколы приемо-сдаточных испытаний и нормативные документы.

Инженерно-технический персонал, занимающийся эксплуатацией ВОЛС, можно разделить на три основные группы.

Первая - группа управления, обеспечивающая разработку и реализацию организационных принципов технического обслуживания, контроль за их выполнением, реализацию проектов модернизации и реконструкции ВОЛС, решение вопросов метрологического обеспечения и ведение эксплуатационно-технической документации.

Вторая группа обеспечивает проведение ремонтно-настроечных и ремонтно-восстановительных работ, а также выполнение мероприятий по обеспечению сохранности ВОЛС (инспектирование и контроль за проведением строительных и земляных работ в охранных зонах).

Третья группа составляет персонал центра управления (служебного терминала), который обеспечивает непрерывный эксплуатационный и технический контроль, измерение рабочих характеристик трактов и каналов, управление резервом, организацию и координацию аварийно-восстановительных работ.

Техническая эксплуатация современных ВОЛС осуществляется на базе устройств и средств программно-технических комплексов, которые реализуют принципы управляемого технического обслуживания. Его преимущества заключаются в том, что текущие работы по технической эксплуатации проводятся не по определенному графику, а на тех участках, где в данный момент ожидается ухудшение качества предоставляемых услуг. При этом исключается необходимость дорогостоящего профилактического технического обслуживания для выявления таких участков, что в целом уменьшает затраты и сроки проведения работ по технической эксплуатации. Технические устройства контроля аппаратуры ВОЛС обеспечивают информацию, упрощающую обнаружение скрытых неисправностей методами статистического анализа.

3.2 Эксплуатационно-технические требования к ВОЛС

Техническое состояние и эксплуатационное обслуживание кабельных линий должно обеспечить бесперебойное высококачественное действие сооружений связи, их максимальную долговечность. Кабели, кабельная арматура, оборудование, устройства защиты и другие сооружения по своим механическим и электрическим характеристикам должны соответствовать действующим государственным стандартам ГОСТ, а при их отсутствии - ведомственным ОСТ или техническим условиям. Все сооружения и устройства должны удовлетворять требованиям охраны труда, техники безопасности и промсанитарии.

На склонах оврагов и берегов рек во избежание размывов и оползней грунт по трассе должен быть закреплен (дерном, замощением и т.п.). Трасса кабеля должна проходить на безопасном расстоянии от обрывистых склонов оврагов и берегов рек; в необходимых случаях

следует принять меры, исключая возможность оползней и обвалов. На всем протяжении трассы поддерживается нормальная глубина залегания кабеля.

При расширении дорог и устройстве усовершенствованных дорожных покрытий (асфальт, бетон) кабель прокладывают в телефонной канализации или переключают в другое место. На пересечениях трасс существующих кабелей с шоссевыми дорогами, съездами с них, трамвайными путями и т.п. кабели прокладывают в трубах, причем для резерва прокладывают дополнительную трубу. На пересечениях судоходных и сплавных рек, а также несудоходных и несплавных рек глубиной до 6 м кабели должны быть заглублены в дно. Глубина залегания определяется проектом. На водохранилищах и озерах за пределами судового хода, а так же на несудоходных и не сплавных реках глубиной более 6 м кабели могут быть проложены без заглубления. Место перехода должно быть выбрано на прямолинейном участке реки. При пересечении трассой кабеля мелиоративных каналов кабели заглубляют в дно канала или защищают бетонными плитами.

Переходы магистральных линий через судоходные и сплавные реки должны выполнять в соответствии с рекомендациями.

При сближениях и пересечениях с другими подземными и надземными сооружениями расстояние от последних до кабеля должно соответствовать установленным нормам. Замерные столбики устанавливают на таком расстоянии друг от друга, чтобы в зоне прямой видимости было не менее двух столбиков, а проведенная между ними визирная линия проходила параллельно трассе кабеля. На прямых участках трассы столбики устанавливаются через 250-300 м. Для фиксации трассы ВОЛС кроме замерных столбиков могут использоваться и другие маркирующие приспособления и устройства.

Кроме замерных и указательных столбиков в наиболее уязвимых местах трассы устанавливаются предупредительные знаки. Знаки устанавливаются на пересечениях с другими подземными сооружениями (водопровод, канализация, кабели, газопровод), вблизи карьеров, на пересечении каналов, в местах, где намечается проведение строительных работ и т.п. Кроме того, предупредительные знаки устанавливаются на загородных участках трассы на определенном расстоянии друг от друга в пределах прямой видимости.

Земляную насыпь (обваловку) наземных частей подземных НУП или НРП обкладывают дерном или засевают травой. Вокруг НУП или НРП делают отмостки, а у входа в их наземную часть - бетонную или гравийную дорожку.

3.3 Организация технического обслуживания ВОЛС

Основой технической эксплуатации является техническое обслуживание. Эксплуатационно-техническое обслуживание ВОЛС предусматривает выполнение эксплуатационным персоналом следующих основных функций: охранная работа; техническое обслуживание и профилактика; контроль за техническим состоянием; ремонт; аварийно-восстановительные работы; реконструкция; измерение параметров; защита ОК с металлическими покровами от внешних влияний; контроль герметичности ОК, содержащихся под избыточным давлением.

Техническое обслуживание ВОЛС обеспечивает:

- бесперебойное действие всех обслуживаемых сооружений, а также подготовку их к работе в особо сложных условиях;
- содержание всех сооружений в пределах действующих норм и технических условий, а также всемерное улучшение их технического состояния;
- четкое выполнение действующих правил, руководств и инструкций по вопросам технической эксплуатации;
- повышение рентабельности предприятий, систематическое снижение трудовых и материальных затрат на содержание обслуживаемых сооружений;
- внедрение новой техники, передовых методов и научной организации труда;

- ведение эксплуатационно-технического учета;
- проведение разъяснительной работы по обеспечению сохранности линейных сооружений.

В зависимости от характеристики трассы кабельной линии, наличия и состояния дорог в разное время года, технической оснащенности участка и т. п. применяются следующие методы организации обслуживания линейных сооружений ВОЛС: централизованный, децентрализованный (участковый) и комбинированный.

Централизованный метод предполагает сосредоточение всего персонала кабельщиков-спайщиков в месте дислокации КУ, моторизованный осмотр трассы, ремонт и профилактику специализированными бригадами, использование радиостанций для связи бригад с КУ.

Децентрализованный метод применяется в случае, когда невозможно организовать моторизованный осмотр трассы. При этом подлежащая обслуживанию трасса разбивается на участки, на каждом из которых, т.е. в непосредственной близости, дислоцируется персонал.

Комбинированный метод предполагает организацию обслуживания одной части трассы централизованно, а другой - участковыми монтерами.

Содержание кабельных линий связи включает в себя техническое обслуживание и ремонт.

Техническое обслуживание подразделяется на текущее (повседневное и периодическое) и плано-предупредительное.

При текущем и плано-предупредительном обслуживании осуществляется:

- технический надзор за состоянием трассы и выполнение правил охраны средств связи;
- технический надзор за всеми сооружениями и действием устройств автоматики, сигнализации и телемеханики;
- проведение профилактических работ;
- контроль за электрическими и оптическими характеристиками кабеля;
- устранение выявленных неисправностей;
- обеспечение аварийного запаса кабеля, арматуры и материалов (в том числе кабеля облегченной конструкции) для быстрого устранения повреждений на линии;
- содержание в исправном и работоспособном состоянии механизмов, транспорта, приборов, приспособлений, инструментов и спецодежды, необходимых для проведения плано-профилактических и аварийно-восстановительных работ;
- устранение аварий и повреждений;
- проведение охранно-разъяснительных работ;
- установка предупредительных знаков;
- подготовка линейных сооружений к работе в зимних условиях и в период паводков;
- ведение технического учета и паспортизации;
- предотвращение повреждений, связанных с выполнением работ по подрыву льда, раскопке фунта, очистке дна водоемов, строительству сооружений в зоне кабельной линии.

При осуществлении технического надзора в процессе эксплуатации необходимо:

- оповещать местные органы власти, организации, предприятия и стройки, на территории или вблизи которых проходит трасса, о месте прокладки кабеля и о необходимости выполнения ими правил сохранности средств связи;
- проводить разъяснительную работу среди населения, работников строительных и других организаций и предприятий, расположенных по трассе кабельной линии, о соблюдении мер предосторожности при работах в охранной зоне кабеля;
- вручать уведомления этим организациям и частным лицам о прохождении подземных кабелей с предупреждением об ответственности за сохранность кабеля при выполнении работ;
- устанавливать предупредительные знаки в местах сближения кабеля с другими наземными и подземными сооружениями и в зонах ожидаемых строительных работ;

- осуществлять непрерывный надзор в местах производства земляных и других работ в охранной зоне кабеля и принимать меры его защиты от повреждений;
- предотвращать размывы и обвалы грунта по трассе кабеля;
- следить за состоянием замерных столбиков, сигнальных и предупредительных знаков, КИП и других устройств и устранять замеченные недостатки.

Для обозначения на местности кабельной трассы и муфт, а также запрещения в охранной зоне ОК несогласованных с эксплуатационными организациями раскопок и других работ на трассе устанавливаются железобетонные замерные столбики, предупредительные указательные знаки, плакаты и шлагбаумы. Замерные столбики (рис. 3.1) размещаются на междугородных линиях на расстоянии 0,1 м от кабеля с полевой стороны в местах монтажа муфт, на поворотах трассы, на прямолинейных участках трассы на расстоянии один от другого не более 250 -300 м, на переходах через водные преграды вблизи выхода кабеля из воды, а также на пересечениях с автомобильными и железными дорогами, подземными коммуникациями разного назначения, с воздушными и кабельными линиями.

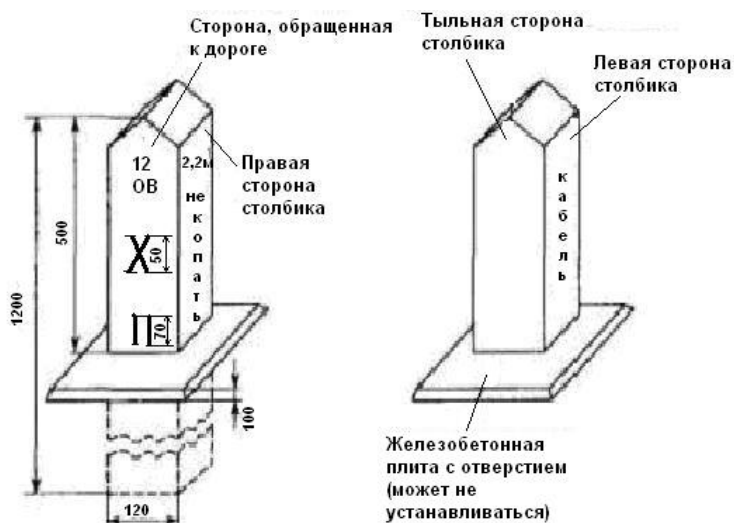


Рис. 3.1 – Замерные столбики (надписи и условные обозначения выполняются чёрной (красной) на светлом фоне, головка столбика красится в красный цвет)

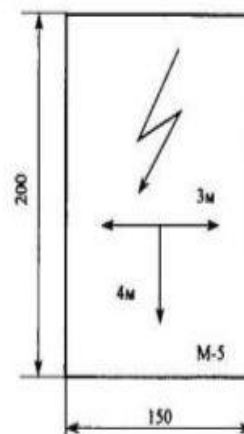


Рис. 3.2 – Указательный знак обозначения места расположения муфты

Установка замерных столбиков на пахотной земле недопустима. В таких случаях они выносятся в направлении дороги за пределы пахотной или окультуренной земли и устанавливаются в местах, где обеспечивается их целостность. Расстояние от замерного столбика к муфте обозначается на лицевой стороне столбика и регистрируется в паспорте трассы кабельной магистрали.

В населенных пунктах, где по местным условиям установка замерных столбиков невозможна, для обозначения мест расположения муфт на стенах домов, оград или других постоянных сооружений крепятся указательные знаки с обозначением номера муфты и расстояния к ней (рис. 3.2).

Для обозначения пересечений и сближении трассы ВОЛС с воздушными ЛЭП, связи и проводного вещания, расположенных от кабеля на расстоянии меньше половины высоты опоры, на опорах устанавливают плакат с обозначением расстояния к кабелю (рис. 3.3). Плакат прикрепляется к опоре со стороны проложенного кабеля.



Рис. 3.3 – Образец плаката на местах пересечений и сближений



Рис. 3.4 – Предупредительный знак

В местах проведения земляных работ, а также в других опасных местах устанавливаются типовые предупредительные знаки (рис. 3.4).

Для запрещения постоянных и временных несогласованных проездов и пересечений трасс ВОЛС транспортными средствами устанавливаются шлагбаумы (рис. 3.5).

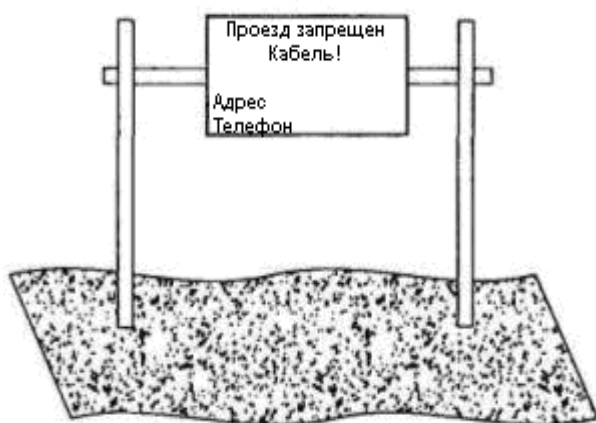


Рис. 3.5 – Шлагбаум

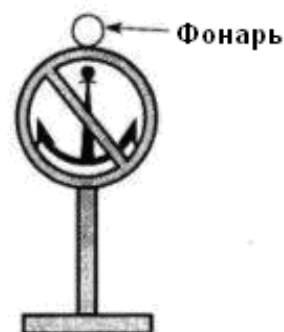


Рис. 3.6 – Информационный запрещающий знак для установки на подводных переходах

Для предупреждения судоводителей о пересечении судового хода подводным кабелем (в этом месте запрещается пользоваться якорями, лотами, цепями-волокушами, проводить землечерпальные работы без согласования с эксплуатационными предприятиями связи) на берегах устанавливаются запрещающие информационные знаки: «Якорь не бросать!» (рис. 3.6). Запрещающий знак состоит из сигнального щита и опоры для его крепления. Сигнальный щит изготовлен в форме диска диаметром 150, 200 или 300 см. Диск имеет белый цвет и красную окантовку, символ якоря черного цвета перечеркнут диагональю красного цвета. Ночью или при плохой видимости этот знак освещается часто мигающим желтым сигнальным светом.

Примеры установки запрещающих знаков на водных переходах приведены на рис. 3.7. Как отмечалось выше, для обозначения на местности трассы ВОЛП с кабелем без металлических элементов используются кроме указательных маркерных знаков также мерные ленты или кабель (рис. 3.8), пассивные маркеры и др.

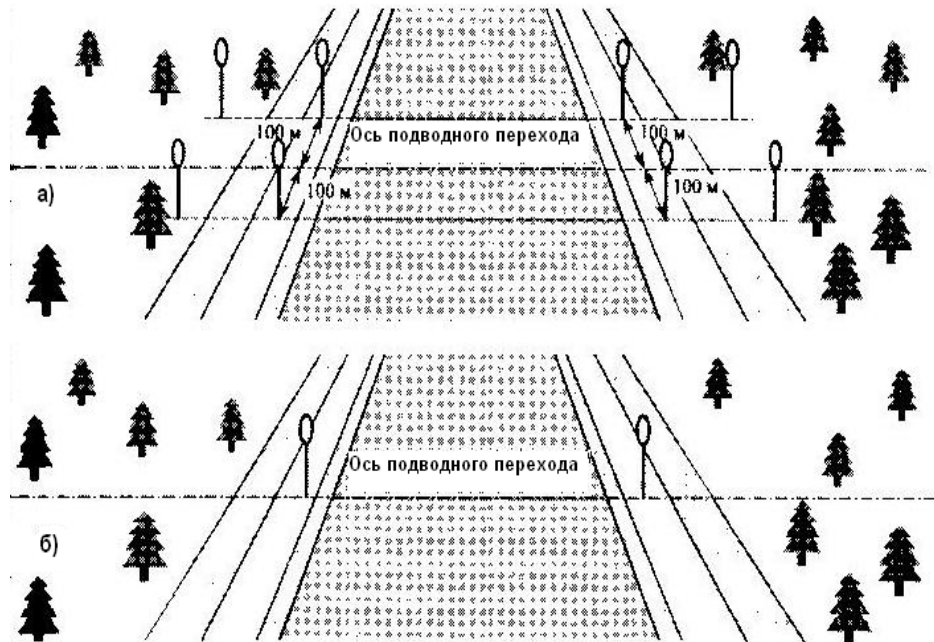


Рис. 3.7 – Установка информационных запрещающих знаков на подводных переходах:
 а – при ширине перехода больше 500 м; б – при ширине перехода меньше 500 м



Рис. 3.8 – Маркерный кабель:
 А – виды маркерного кабеля; б – расположение маркерного кабеля

3.4 Планирование, контроль и обеспечение работ по технической эксплуатации ВОЛС

Работы по текущему и капитальному ремонтам ВОЛС выполняются согласно годовому производственному плану, утвержденному техническим директором предприятия связи. При составлении этого плана учитываются: техническое состояние линейных сооружений и аппаратуры ВОЛС по данным их осмотров, плановых и контрольных измерений электрических и оптических характеристик, а также записей в журналах технического обслуживания, периодичность текущего ремонта по отдельным видам сооружений и аппаратуры, сезонность и очередность работ. На основании этого плана составляются квартальные и месячные планы. В них указываются: наименования и сроки выполнения работ; бригады, которые будут выполнять работы, даты выполнения работ. В квартальном плане капитального ремонта, кроме того,

указывается сметная и фактическая стоимость работ. Сооружения и аппаратура, подлежащие капитальному ремонту в данном году, не включаются в план текущего ремонта этого года. Годовой производственный план предусматривает материально-техническое обеспечение всех подлежащих выполнению работ [6].

До начала работ квартальные планы обсуждаются на производственных совещаниях работников линейных и аппаратных подразделений и доводятся до каждого исполнителя.

Контроль работ, например, на ГТС контроль за работой бригад кабельщиков-спайщиков и монтеров по эксплуатации кабельной канализации, осуществляется электромехаником или другим лицом, определенным инструкциями и положениями предприятия связи. При устранении повреждения бригадир кабельщиков-спайщиков по прибытии на каждый новый участок работы сообщает по телефону в бюро ремонта о своем местонахождении и выполняемой работе. Не реже одного раза в день электромеханик посещает места работ подчиненных ему бригад, проверяет организацию и ход работ и, в случае необходимости, оказывает им помощь. Он должен присутствовать на месте работ при выполнении кабельными и канализационными бригадами особо опасных работ, аварийных или сложных работ. Кроме того, он выборочно контролирует качество выполнения работ, проверяет правильность заполнения рапортов и, в случае необходимости, производит контрольный обмер. Контроль за работой электромехаников осуществляет старший электромеханик. Электромеханик в рабочее время регулярно сообщает по телефону в кабельно-канализационный участок или в бюро ремонта о своем местонахождении.

Учет работы кабельщиков-спайщиков ведется следующим образом. После устранения повреждения бригадир кабельщиков-спайщиков указывает объем работ в наряде на исправление кабеля и сдает наряд электромеханику. Бригады монтеров (кабельщиков-спайщиков), работающие по текущему ремонту кабельно-канализационных сооружений, ежедневно заполняют рапорты, в которых отчитываются о проделанной работе. Электромеханики ежедневно записывают в тетрадь, где работают подчиненные им бригады и какую работу они выполняют.

Расход материалов для выполнения работ приводится в справочной документации, разрабатываемой соответствующими предприятиями связи и утвержденной вышестоящей организацией. Годовая заявка на материалы и оборудование для кабельно-канализационного участка составляется руководителем участка в соответствии с планом работ. Ответственными за хранение инструментов и материалов, за расходование их в соответствии с установленными нормами и сроками службы являются бригадиры. Правильность списания материалов проверяется электромеханиками по рапортам. Аварийный запас материалов и инструментов, оборудования и приспособлений должен храниться в специальном помещении кабельно-канализационного участка.

Аварийный запас материалов и оборудования должен соответствовать нормам, приведенным в нормативной документации.

Кабельно-канализационный участок должен обеспечиваться:

- оборудованными монтерской и кабельной мастерскими; сушилками спецодежды;
- шкафчиками для хранения инструментов; чистой и рабочей одеждой;
- местом для приема пищи; душевыми кабинами;
- транспортом для перевозок к месту работы и обратно;
- оборудованными на линии опорными пунктами с возможностью хранения материалов, инструмента и лестниц.

Руководство кабельно-канализационного участка должно обеспечить выполнение правил техники безопасности. Инженерно-технические работники ежегодно в первом квартале должны проверять знания работников участка правил ТБ при работе на кабельных линиях передачи, оформлять результаты этих проверок с выдачей соответствующих удостоверений. Один раз в квартал должна производиться проверка инструментов, сварочных аппаратов ОВ, приставных

лестниц и всего инвентаря, находящегося у работников КУ. Во время кабельных работ руководитель работ обязан наблюдать за точным выполнением правил ТБ подчиненными ему кабельщиками-спайщиками (монтерами) и принимать меры к ограждению их и самого себя от несчастных случаев.

3.5 Технический учет и паспортизация ВОЛС

Основной задачей технического учета на ВОЛС является обеспечение полного соответствия действующих сооружений технической документации и паспортизации. Работы по техническому учету и паспортизации линейных сооружений выполняет группа (отдел) технического учета, которая подчиняется непосредственно главному инженеру (техническому директору) соответствующего предприятия связи. В составе группы (отдела) технического учета, как правило, организуются две подгруппы: учета загрузки линейных сооружений и фиксации линейных сооружений [6].

Например, на ГТС первая подгруппа производит:

- учет загрузки ОК;
- подготовку данных для включения новой аппаратуры и перестановок;
- выдачу справок о возможности включения и перестановок ВОСП на оптических кабелях;
- предоставление свободных исправных ОВ для замены поврежденных и организации обходных связей;
- составление списков (ведомостей) переключений кабельных сооружений на новые линейные сооружения;
- плановые сверки соответствия заведенной документации с натурой и обновление износившейся технической документации.

Вторая группа осуществляет:

- ведение технической документации по учету и паспортизации линейных сооружений ВОСП;
- внесение изменений в формы документации, происшедших в процессе эксплуатации;
- плановую (профилактическую) сверку имеющейся на ГТС технической документации и паспортизации с фактическим положением (натурой) на линейных сооружениях;
- участие в приемке новых линейных сооружений ВОЛС и фиксацию их в соответствующих формах паспортизации и технической документации;
- подготовку и выдачу данных для проектирования, а также согласование проектов на выполнение работ по расширению линейных сооружений ВОСП, подготовку и выдачу условий проведения земляных работ посторонними организациями в охранных зонах, где имеются линейные сооружения ГТС, выдачу линейному персоналу необходимых сведений о линейных сооружениях;
- обновление износившейся технической документации и форм паспортизации.

Работники группы (отдела) техучета несут ответственность за качество заполнения форм технического учета и паспортизации, их полное соответствие натуре, а также правильность проводимых согласований. Группа техучета обеспечивается специальными шкафами для хранения технической документации, необходимым количеством форм технической документации и паспортизации, чертежными приспособлениями и рулетками.

Выдача чертежей и другой документации производится только с разрешения технического директора сети (узла).

При сдаче в эксплуатацию вновь построенных линейных сооружений ГТС строительная организация передает телефонной сети исполнительную документацию, технический проект и рабочие чертежи на строительство с внесенными в них в период строительства изменениями и дополнениями, которые были ранее согласованы с ГТС. Соответствие выполненных работ

представленным чертежам заверяется подписью ответственных лиц и штампом строительной организации. Работники группы техучета сверяют полученную исполнительную документацию с натурой и ставят печать о соответствии чертежей построенным сооружениям.

На основании сверенной с натурой документации работники группы технического учета заводят техническую документацию и паспорта. Техническая документация и паспорт на линии заводятся в течение одного месяца, а на канализационные сооружения - в течение двух месяцев.

При сдаче в эксплуатацию результатов работ по устройству или переустройству линейных сооружений, проведению ремонтных работ, вызвавших изменение состава сооружений, составляется инвентарная справка. На ее основании группа техучета вносит коррекцию в техническую документацию.

3.6 Ремонт линейных сооружений ВОЛС

Ремонт кабельных сооружений подразделяется на текущий и капитальный.

Ремонтные работы выполняются по проектам и схемам с соблюдением технологических карт с максимальным использованием механизации.

Текущий ремонт выполняется эксплуатационным штатом по утвержденному годовому плану и предусматривает выполнение следующих работ:

- планировку трассы, установку дополнительных предупредительных знаков, восстановление замерных столбиков, окраску арматуры (кронштейнов, консолей), проверку глубины залегания кабеля, проверку резервных каналов в трубопроводах и т. п.;
- обнаружение и устранение повреждений оболочки кабелей и пластмассовых противокоррозионных покровов;
- замену неисправных соединительных муфт и неисправных участков ОК;
- окраску оболочки ОК в колодцах кабельной канализации в желтый цвет (предупреждает техперсонал о наличии в канализации ОК);
- ремонт НРП (НУП);
- подготовку сооружений к эксплуатации в зимних условиях и в период весеннего паводка;
- заглубление кабеля у берегов, околку берегового льда и т.п.;
- проверку состояния и устранение выявленных недостатков в устройствах защиты кабеля;
- замену и ремонт протекторов;
- углубление и выноску кабеля в пределах до одной строительной длины;
- установку дополнительных замерных столбиков;
- уточнение и корректировку технической документации.

Приемка кабельных сооружений после текущего ремонта осуществляется комиссией, назначенной руководителем эксплуатационного предприятия, и оформляется актом, в котором дается оценка качества выполненных ремонтных работ и состояния линейных сооружений на принимаемом участке.

Капитальный ремонт предусматривает выполнение следующих работ:

- замену пришедшего в негодность кабеля на отдельных участках линий (более строительной длины);
- замену изношенного оборудования или арматуры;
- переустройство канализации и смотровых устройств;
- углубление кабеля на речных переходах или в грунте;
- прокладку резервных кабелей на переходах через реки;
- защиту кабелей с металлическими элементами от коррозии, ударов молнии и т.п.;

- приведение электрических и оптических характеристик к норме;
- замену кабеля и оборудования новыми, более совершенными.

Приемка работ по капитальному ремонту осуществляется комиссией, назначенной руководителем эксплуатационной организации. В акте приемки указывается объем работ, оценка качества их выполнения и сметная стоимость. Все работы по ремонту междугородных кабельных сооружений, связанные с демонтажем муфт или оконечных устройств, должны производиться с предварительного разрешения в России АО «Ростелеком», а в Украине - Дирекции первичной сети.

3.7 Охрана кабельных сооружений ВОЛС и аварийно-восстановительные работы

Одной из основных мер повышения надежности и бесперебойности действия кабельных линий связи является сокращение числа механических повреждений (аварий), вызванных работами строительных организаций и землепользователей в непосредственной близости от трассы [10]. Анализ повреждений показывает, что большинство аварий на линиях вызвано механическими повреждениями. Для предупреждения указанных повреждений эксплуатационные предприятия связи должны выполнять комплекс профилактических мероприятий: разъяснительную работу в строительных организациях, производящих работы в охранной зоне кабелей, а также для землепользователей, расположенных вдоль трассы; выдачу технических условий и требований при согласовании работ, подлежащих выполнению в охранной зоне или вблизи ее, проведение совместно с другими предприятиями работ и мероприятий по предупреждению повреждений; выполнение профилактических работ по обеспечению сохранности линейных сооружений и т.п.

Работоспособность кабельных линий связи в процессе эксплуатации характеризуется одним из следующих состояний:

- норма - электрические, оптические и физико-механические параметры соответствуют установленным нормам;
- повреждение - некоторые параметры линии ниже нормы. Связь действует, но может иметь место понижение качества передачи по некоторым ОВ;
- авария - полное прекращение работы линейного тракта одной и более систем связи.

Основным критерием оценки состояния кабельной линии связи является работа систем передачи, групп и каналов связи. Работы по ликвидации аварий организуются немедленно и производятся, как правило, непрерывно, до полного их окончания вне зависимости от времени суток и погоды. Для выполнения аварийных работ организуются специальные подразделения, оснащенные транспортом, инструментом, различными приспособлениями, кабелем, монтажными материалами и спецодеждой.

В эксплуатационных организациях должен быть разработан оперативный план организации аварийно-восстановительных работ, включающий перечень магистральных связей, подлежащих восстановлению в первую очередь; порядок перевода систем на резервную работу, порядок оповещения и сбора работников для выезда на устранение аварий; перечень технических средств, которые должны быть использованы для выезда на аварию.

Непосредственное выполнение работ по устранению повреждений, в первую очередь, осуществляется силами соответствующего кабельного участка. При необходимости к работам по ликвидации аварии привлекается персонал смежных участков, а также ближайшие ЦПС (ТЦМС). До начала восстановительных работ проводятся двусторонние электрические измерения с целью определения характера и участка повреждения.

В первую очередь выполняются работы по устройству временных вставок и организации временной связи. Одновременно производятся работы по восстановлению постоянной связи.

Все работы в термокамерах и камерах НРП (НУП) проводятся только при открытых крышках горловин. В НРП (НУП) должна работать бригада в составе не менее двух человек, из которых один является старшим и ответственным за технику безопасности; один из бригады (спайщик, шофер) должен быть наблюдающим. Муфты вскрывают только после выключения дистанционного питания.

По каждой аварии производится расследование причины с участием представителей ЦПС и составляется акт.

3.8 Телеконтроль, служебная связь и электропитание аппаратуры линейного тракта ВОЛС

Контроль за техническим состоянием междугородних ВОЛС. Телеконтроль ВОЛС осуществляется автоматически путем непрерывного контроля параметров линейного тракта. Это позволяет иметь оперативную информацию о нарушениях режимов работы и авариях на ВОЛС. Автоматизация контроля во многих случаях дает возможность прогнозировать и предотвращать аварийные ситуации, ведущие к прекращению действия связи.

Работа НРП контролируется путем передачи от них следующих сигналов:

- открытие крышки (двери) НРП;
- нарушение работы блока электропитания;
- нарушение температурного режима;
- повышение влажности; понижение давления в ОК (содержащихся под избыточным давлением);
- неисправность регенераторов;
- повышение порогового коэффициента ошибок;
- ослабление, искажение или пропадание оптических сигналов на входе и выходе регенераторов.

На ОРП помимо перечисленных должны формироваться дополнительные сигналы: повреждение станционного и вторичного источников питания; повреждение блоков телеконтроля и телеуправления, служебной связи.

Для обеспечения автоматизированного контроля за состоянием ВОЛС и аппаратуры в процессе эксплуатации во всех ВОСП предусматривается система технического обслуживания, в состав которой входят:

- система телемеханики (ТМ), обеспечивающая телеметрический контроль качества передачи сигналов и технического состояния промежуточного оборудования и ОК с оконечной станцией, отображение результатов контроля, а также дистанционное управление различными устройствами переключения и коммутации;
- система служебной связи (СС), обеспечивающая ведение служебных телефонных переговоров между оконечными и промежуточными пунктами всех видов в процессе строительства, ремонта и эксплуатации ВОЛС;
- система сигнализации.

Передача сервисных сигналов, как правило, осуществляется на основе использования избыточности линейных кодов или методом частотного разделения каналов в нижней части линейного спектра сигнала.

Назначение оборудования телемеханики - это проведение автоматизированного контроля за состоянием аппаратуры линейных трактов систем передачи, а также ОП комплекса ВОСП. Канал ТМ формируется в низкочастотной части спектра основного линейного тракта. Сигналы ТМ передаются вместе с информационным сигналом по одним и тем же оптическим волокнам. Работа системы ТМ основана на распределительном принципе избирания с циклической синхронизацией и адресном принципе-опросе.

Оборудование ТМ в большинстве случаев обеспечивает:

- сбор и обработку информации, поступающей с датчиков пункта контроля (КП), два из которых являются ОП и до пяти - ПОРП или ОРП;
- прием информации с каждого ОРП или НРП, включая и пункт, где расположено данное оборудование;
- формирование информации о состоянии датчиков собственной станции для передачи ее в стороны А и Б линейного тракта;
- передачу на НРП до 15 команд управления;
- формирование сигналов для передачи в секцию технического обслуживания и на квартиру технического персонала.

Оборудование ТМ совместно с устройством обработки сигналов и пультом терминала оператора отображает на дисплее персональной ЭВМ информацию о наличии неисправностей на КП по зонам обслуживания с указанием номера соответствующего пункта.

Оборудование ТМ размещается на стойках телемеханики и служебной связи (СТМСС) в одном из КП линейного тракта. При этом оно может быть расположено как в ОП, так и в ОРП. В НРП оборудование ТМ размещается в блоках телемеханики и служебной связи (БТМСС).

Для обеспечения качественной эксплуатации оборудования линейного тракта и линейно-кабельных сооружений в комплексах ВОСП предусмотрена организация участковой (УСС) и постанционной (ПСС) служебной связи в каждом линейном тракте и технологической служебной связи (ТСС) по медным жилам ОК. Постанционная служебная связь организуется между ОП и ОРП, а УСС - между смежными ОРП и ОП, а также НРП и ОРП. Каналы ПСС и УСС организуются по тем же волокнам, по которым передаются сигналы основной информации. Четырехпроводный канал ТСС предназначен для обеспечения ввода в эксплуатацию ВОСП.

По каналам СС передаются и принимаются цифровые сигналы с импульсно-кодовой модуляцией и тактовой частотой f_t . Оборудование СС предусматривает возможность ответвления каналов ПСС и УСС в ОРП, а для каналов УСС обеспечивается еще ввод и вывод в любом НРП. Телефонные аппараты СС подключаются к стойке по четырехпроводной схеме и могут быть удалены от нее на расстояние до 3 км. Как правило, вызов ОРП, ОП из НРП производится по каналам телемеханики, либо голосом через громкоговоритель, НРП из ОРП и ОП - через громкоговоритель. Вызов между ОП (ОРП) - импульсный, избирательный, с применением номеронабирателя.

В случае повреждения на ВОЛС связь ремонтной бригады с ОП (ОРП) может осуществляться по комбинированному каналу - от места повреждения до ближайшего НРП с помощью радиостанции (например, «Лен») в дуплексном режиме, а далее по каналу УСС.

Канал ТСС используется для связи эксплуатационно-технического персонала ОП (ОРП) между собой и с НРП при выполнении ремонтно-восстановительных работ. Протяженность канала ТСС до 100 км. В канале предусмотрены фильтры-развязки с ДП и схемы защиты от грозовых разрядов и токов частотой 50 Гц, наводимых от ЛЭП и электрифицированных железных дорог.

Электропитание аппаратуры линейного тракта ВОЛС. Электропитание аппаратуры линейного тракта внутризонных и магистральных ВОЛС, размещенной в ОП, ОРП, ПОРП и НРП стоечного варианта (СНРП), обычно осуществляется от источников постоянного тока с напряжением - 24 или - 60 В с заземленным положительным полюсом. Номинал напряжения определяется при заказе аппаратуры.

Способ питания оборудования НРП выбирается в зависимости от места его установки (в контейнере или помещении предприятия связи, имеющего бесперебойное электропитание). Возможны три способа питания:

- при территориальном совпадении НРП с предприятиями связи, имеющими установки бесперебойного электропитания, от ЭПУ указанных предприятий связи;
- дистанционно с близлежащего ОП, ОРП по металлическим жилам ОК;
- от автономного источника питания (АИП) на базе термоэлектродвигателей (ТЭД).

Первый способ питания возможен при территориальном совпадении НРП с предприятиями связи и условия, что электропитающие установки удовлетворяют установленным требованиям. В данном случае регенераторы НРП рассчитаны на работу от источников постоянного тока с номинальным напряжением -24 или -60 В. Оборудование

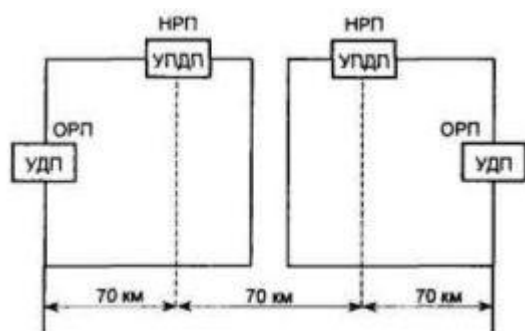


Рис. 3.9 – Пример схемы дистанционного питания НРП ВОСП

НРП размещается при этом на стойке СНРП. Как показал опыт работы на построенных ВОЛС наиболее целесообразно использовать второй способ - дистанционное питание НРП. Питание осуществляется постоянным током по четырем медным жилам диаметром 1,2 мм оптического кабеля по схеме «провод - провод». По каждой цепи ДП, например, можно организовать питание одной или двух систем в НРП (рис. 3.9). Длина секции ДП - 210 км. Величина тока в цепи ДП - 200 мА при максимальном напряжении 850 В.

При третьем способе в качестве автономного источника питания НРП могут

применяться ТЭГ типа «Ирис». Основные технические характеристики ТЭГ этого типа:

Выходное напряжение.....	10,5 В
Выходной ток.....	2,2 А
Выходная мощность.....	23 Вт
Напряжение на выходе НРП, при токе нагрузки 2,2 А, не менее.....	10,35 В
Время работы без обслуживания.....	4380 ч
Топливо.....	Реактивное, марки Т-1
Расход топлива.....	0,1 кг/ч
Размещение ТЭГ наземное в контейнерах при температуре окружающей среды.....	-60...+50°С

Для одной системы передачи требуется АИП, в состав которого входят рабочие и один резервный ТЭГ. Известны две модификации АИП: два рабочих и один резервный ТЭГ; четыре рабочих и один резервный ТЭГ. Для подключения ТЭГ к контейнеру НРП используется семичетверочный симметричный кабель длиной до 8 м.

3.9 Назначение, виды и средства измерений для ВОЛС

3.9.1 Классификация методов измерений

Методы измерения параметров ОК и линейных трактов ВОСП классифицируют по месту и цели проведения измерений, измеряемому параметру и методу измерения.

1. По месту и цели проведения измерений

Лабораторные измерения в научно-исследовательских институтах и заводских лабораториях. Они отличаются высокой точностью, разнообразием применяемых методов и аппаратуры. Основная цель измерений — разработка новых типов и конструкций ОК., технологий их изготовления с целью улучшения параметров или придания им новых свойств. При этом рассматривается большое число параметров ОБ и ОК и исследуются их зависимости от различных факторов: длины волны, температуры, механических и климатических воздействий, условий производства и т.п.

Заводские измерения, осуществляемые на производственных предприятиях в процессе изготовления ОВ и ОК. Число измеряемых параметров в этом случае зависит от особенностей технологического процесса. В стадии разработки новых технологий или освоения нового оборудования заводские измерения приближаются к лабораторным. При стабильной технологии обычно ограничиваются измерением заданных параметров, определяемых рекомендациями МСЭ, ГОСТ или техническими условиями. Особенность заводских измерений — использование специализированной аппаратуры и автоматизация методов измерений. Выходными параметрами являются паспортные данные.

Измерения в процессе строительства, монтажа ВОЛС и приемосдаточные испытания. Число измеряемых параметров ОК и линейного тракта в процессе строительства и монтажа ограничивается обычно двумя-тремя в зависимости от типа ОК и назначения ВОЛС. Приемосдаточные испытания проводятся при передаче ВОЛС в эксплуатацию по заданной программе и определенной методике.

Эксплуатационные измерения проводят, во-первых, с целью контроля и управления работой ВОЛС и, во-вторых, для определения характера и места повреждений и аварий линейного тракта.

2. По измеряемому параметру

Измерение оптических характеристик ОВ и ОК, к которым относятся числовая апертура, профиль показателя преломления, диаметр модового поля и длина волны отсечки (для одномодовых ОВ), коэффициент затухания и дисперсия (полоса пропускания).

Измерение оптических характеристик линейного тракта, в первую очередь измерение распределения неоднородностей, вносимых потерь и определение расстояния до места обрыва ОВ.

Измерение конструктивных и механических характеристик ОВ и ОК, а также их зависимостей от различных факторов, возникающих в процессе изготовления, прокладки, монтажа и эксплуатации: растяжение, изгиб, сжатие, удары и вибрация, диапазон рабочих температур, герметичность и т.д.

3. Измерение указанных параметров (прямые, косвенные и совместные)

Прямыми называются методы, обеспечивающие определение непосредственного значения измеряемой величины, косвенными — методы, при которых результат получается после прямых измерений ряда величин, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью, и совместными — методы, обеспечивающие измерение двух или нескольких различных величин с целью нахождения зависимости между ними.

3.9.2 Виды и средства измерений для ВОЛС

В процессе строительства и технической эксплуатации ВОЛС проводится комплекс измерений для определения состояния кабелей, линейных сооружений, качества функционирования аппаратуры линейного тракта, предупреждения повреждений, а также накопления статистических данных с целью разработки мер повышения надежности связи. Параметры и характеристики ОК и аппаратуры ВОЛС, измеряемые в условиях их производства, оформляются в виде паспортных данных, которые должны соответствовать действующим нормам ГОСТ и ТУ. Проверка на указанное соответствие выполняется при входном контроле.

На этапе строительства ВОЛС в целях контроля качества строительства и связи измеряют затухание ОВ на строительных длинах и смонтированных участках регенерации; затухание, вносимое соединениями ОВ; уровни мощности оптического излучения на выходных, передающих и входных приемных оптоэлектронных модулях; коэффициент ошибок, при необходимости устанавливают места повреждений.

При наличии в ОК металлических проводников производят измерения и испытания в соответствии с ТУ на кабель параметров электрических цепей, в частности, измерение электрического сопротивления изоляции металлических элементов и наружной оболочки; испытание (изоляции между жилами, жилами и остальными металлическими элементами,

металлической оболочкой и броней, броней и водой и т. п.) на постоянном или переменном токе повышенным напряжением. Измерительную аппаратуру чаще всего размещают в специально приспособленных автомашинах, что позволяет ускорять процесс монтажа и строительства.

В процессе эксплуатации измерения выполняются для определения технического состояния линейных сооружений и аппаратуры, предупреждения и устранения повреждений. Их разделяют на профилактические, контрольные и аварийные.

В процессе эксплуатации измерения выполняются для определения технического состояния линейных сооружений и аппаратуры, предупреждения и устранения повреждений. Их разделяют на профилактические, контрольные и аварийные.

Профилактические измерения проводятся по утвержденному плану. Состав, объем, и периодичность измерений устанавливаются в зависимости от местных условий, состояния кабеля и т. д.

Контрольные измерения и испытания осуществляют после ремонта для определения качества ремонтно-восстановительных работ.

Аварийные измерения проводятся для определения места и параметра повреждения кабеля. Согласно состав измерений и испытаний для ВОЛС на этапах строительства и эксплуатации приведен в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Состав основных измерений и испытаний на этапах строительства и эксплуатации ВОЛС

Измеряемый параметр	Этап	
	строительства	эксплуатации
Коэффициент затухания	+	-
Затухание:		
строительных длин	+	-
оптических сростков	+	-
участка регенерации	+	-
Коэффициент ошибок:		
одинокного участка регенерации	+	+
линейного тракта	+	+
Энергетический потенциал	+	-
Чувствительность фотоприемного устройства регенератора	+	+
Уровни оптической мощности:		
на выходе линейного регенератора	+	+
на входе линейного регенератора	+	+
Расстояние до места повреждения	+	+
Герметичность	+	+

Для пассивных компонентов ВОЛС (ответвителей, аттенюаторов фильтров, разъемов) приходится контролировать спектральные характеристики и затухание отражения

Результаты измерений и испытаний, проводимых на этапах строительства и эксплуатации ОК и линейных трактов ВОЛС, проверяют на соответствие нормам параметров и характеристик, указанных в ГОСТ и ТУ.

3.9.3 Общая классификация средств измерений

Средства измерений электросвязи (СИЭ), используемые в процессе настройки, паспортизации и эксплуатации ВОЛС для проверки соответствия параметров ВОЛС действующим нормам, можно представить следующими группами:

- измерители затухания оптические (тестеры, мультиметры), в состав которых входят измеритель мощности оптического излучения и источник оптического излучения;
- оптические рефлектометры,
- измерители хроматической (CD) и поляризационной модовой дисперсий (PMD).
- универсальные измерительные системы (платформы).

В таблице 1.6 Приложения 1 приведены основные виды измерений и приборы, с помощью которых они осуществляются.

3.9.4 Оптические измерители мощности и источники оптического излучения

Оптические измерители мощности используются совместно с источниками оптического излучения для определения затухания участков оптического кабеля. Основными параметрами этих приборов являются:

- для измерителей мощности - тип детектора, рабочая длина волны, пределы и погрешность измерения;
- для источников оптического излучения - тип источника, длина волны, диапазон и стабильность выходной мощности.

В измерителях мощности в качестве детектора применяются фотодиоды из сплава In Ga As и германиевые фотодиоды. Первые имеют более равномерную по длине волны измерительную характеристику, более высокую температурную стабильность и меньший уровень шумов, но и стоимость у таких приборов значительно выше. В качестве источников оптического сигнала используются светоизлучающие полупроводниковые диоды (СИД) и полупроводниковые лазеры (ТТЛ). Приборы с СИД дешевле, но имеют низкую эффективность ввода излучения в волокно и широкий спектр излучения. Когда требуется значительная мощность передаваемого сигнала и монохроматический сигнал, применяются приборы на основе ПЛ.

Измерители мощности оптического излучения предназначены для измерения мощности оптического сигнала непрерывного излучения. Приборы, позволяющие измерять мощность модулированного сигнала, используются для измерения параметров оконечного оборудования ВОСП.

Сопоставление погрешности измерения мощности и стабильности уровня излучения приборов разных фирм проводить довольно трудно, так как часто в документации зарубежных фирм отсутствуют значения параметров приборов в рабочих условиях. Так, часто для измерителей мощности приводится только одна основная погрешность измерений на длине волны калибровки при фиксированном значении уровня мощности и определенной температуре окружающего воздуха, отсутствует информация о погрешности измерений в спектральном диапазоне, во всем диапазоне измеряемой мощности и во всем рабочем диапазоне температур. То же самое характерно и для источников излучения.

Оптические измерители мощности и источники оптического излучения выпускаются в разнообразном исполнении: самостоятельные приборы в портативном варианте, модули, вставляемые в измерительные платформы, приборы, объединяющие в себе источник излучения и измеритель оптической мощности одновременно, комбинированные приборы, называемые оптическими тестерами. Атенюаторы также иногда конструктивно соединяют с измерителями оптической мощности. Основные параметры оптических измерителей мощности источников оптического излучения приведены в табл. 3.2 и 3.4 [11].

Таблица 3.2 – Основные параметры измерителей оптической мощности

Производитель	ЛОНИИР	КБВП		Acterna			Net Test
Устройство	Алмаз-23	FOD-1202	FOD-1204H	OLP-6	OLP-30C	OLP-55 BN 2277/01 (02)	GN-6025

Калиброванные длины волн, нм	850, 1300, 1550	850,1310, 1550	850, 1310, 1550	820, 850, 1300,1550	850, 980, 1310 1480, 1510,1550, 1625	850, 1310, 1550,1625	850, 1300, 1550, 1625
Индикация длины волны	-	-	-	-	-	+	+
Индикация: -дБ -мВт	+ +	+ +	+ -	+ -	+ +	+ +	+ +
Чувствительность дБм	-75...+23	-60...+3	-60... +27	-60... + 10	-55...+32	-70...+20 (-80 ..+15)	-70... +20
Разрешение, дБ	0,01	0,1	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01
Погрешность измерения уровней мощности (при -20дБм),дБ	±0,15	±0,25	+0,15	+0,2	±0,2	±0,13	±0,2
Рабочий диапазон температур, °С	-10...+40	-10...+40	-10. ...+50	-10...+55	-10...+40	-10 ...+55	-18...+50
Память данных	+	-	-	+	+	+	+
Габариты, мм	135x83x35	147x74x28	147x74x28	140x73x28	155x83x36	195x95x60	150x85x40
Масса, кг	0,2	0,3	0,3	0,18	0,5	0,5	0,5

Измеритель FOD 1204H (рис. 3.10) является разновидностью измерителя FOD-1204, но по сравнению с последним предполагает измерение повышенных (до +23 дБм) уровней оптической мощности благодаря установленному на входе оптическому аттенуатору.



Рис. 3.10 – измеритель мощности **FOD 1204H**

Представляет новое поколение приборов для точных измерений параметров оптических линий связи. Динамический диапазон более 80 дБ, разрешение 0.001 дБ, линейность лучше, чем 0.05 дБ и точность ±3 % - ставят FOD 1204H в один ряд с настольными измерителями мощности.

FOD 1204H незаменим при измерениях сверхнизких прямых потерь и высокого обратного отражения от PC, APC, SPC, UPC и сварных соединений. Также прибор используется для измерения очень низких временных и температурных изменений потерь в волокнах и соединителях, незначительных изменений мощности в оптических датчиках, для калибровки оптических аттенуаторов, источников излучения и т.д.

FOD 1204H калиброван на всех основных стандартных длинах волн связи: 850, 1310, 1550 нм и на длинах волн, которые широко используются в волоконно-оптических усилителях (980 и 1480 нм). Благодаря использованию специально разработанного фильтра измерители обеспечивают измеряемый динамический диапазон до +10 и +27 дБм соответственно.

Основные технические характеристики FOD-1204H приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Основные технические характеристики FOD-1204H

Характеристики	FOD-1204H
Длина волны, нм	850/980/1310/1480/1550
Тип фотодиода	InGaAs
Измеряемая мощность, дБм	от +27 до -60
Разрешение, дБ	0.001
Время автоматического выключения, мин	10/60

Относительная погрешность, дБ	±0.15
Время непрерывной работы от встроенных батарей, ч	100
Размеры, мм	147x74x28
Масса, г	230
Питание	2 батареи 1.5 В типоразмера AA (LR6)
Тип волокна	SM, MM
Условия эксплуатации, °С	от -10 до +50, 75% влажности без конденсации

Таблица 3.4 – Основные параметры источников оптического излучения

Производитель	Acterna		ЛОНИИР	КБВП	Net Test.
Устройство	OLS-6	OLS-55 BN 2279/01 (02)	Алмаз-15	FOD 2107- 2117	GN-6150,GN-6250, GN-6260
Длины волн, нм	780±15, 1300±20, 1310±20, 1550±20	1350±20, 1550±20 (1650±20)	850±20, 1310±20, 1550±20	650±20, 850±20, 1310±20, 1550±20, 1650±20	850/1300, 1310/1550, 1550/1652
Ширина спектра по уровню 0.5, не более, нм	7	5	7	5...40	5...125
Выходная мощность непрерывного излучения, дБм	-7±1	-7...0	-6	-20... 0	-18...-8
Нестабильность мощности излучения во времени, не более, дБ: - кратковременная (менее 1 ч) - долговременная (4-8ч)	±0,05 ±0,2	±0,02 ±0,2	±0,06 ±0,14	±0,05 ±0,2	Н/д ±0,1
Частота внутренней модуляции, Гц	270, 1000 2000	270,1000, 2000	270,2000	270, 1000,2000	2000
Электропитание: - внутренний аккумулятор - сеть 220 В	+ -	+ +	+ +	+ +	+ +
Рабочий диапазон температур, °С	-10... +55	-10..+55	-10... +40	-10...+40	-18...+50
Габариты, мм	140x73x28	95x60x195	135x83x35	147x47x28	150x85x40
Масса, кг	0,2	0,5	0,2	0,3	0,5

Источник оптического излучения FOD-2112 (1310/1550 нм) как и все малогабаритные



Рис. 3.11 – Источник оптического излучения **FOD-2112**

приборы моделей FOD-21XX предназначен для использования в составе измерительных комплектов для определения затухания в волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС) в качестве генератора непрерывного оптического излучения (рис. 3.11).

FOD-2112 обеспечивает излучаемую оптическую мощность 0.3 мВт при ширине спектра 2 нм в одномодовом волокне на длинах волн 1.31 и 1.55 мкм.

Основные технические характеристики FOD-2112 приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Основные технические характеристики FOD-2112

Характеристики	FOD-2112
Длина волны, нм	1310, 1550
Выходная мощность, дБм	-5
Источник излучения*	LD
Волокно	SM
Внутренняя модуляция	CW, 1/2 кГц
Время непрерывной работы, ч	60
Размеры, мм	147x74x28
Масса, г	250
Питание	NiMH-аккумуляторы+AC-преобразователь 220В/ 50 Гц
Условия эксплуатации, °С	от -10 до +50 , 75% влажности без конденсации

3.9.5 Оптические рефлектометры

Оптические рефлектометры позволяют измерять расстояние до места неоднородности, затухание и коэффициент затухания оптического кабеля, потери в местах сварки и неразъемных соединителях, затухание отражения от мест сосредоточенной неоднородности и т.н.

Принцип измерений оптических рефлектометров во временной области (OTDR) состоит во введении оптического импульса в один конец оптического волокна, чтобы подвергнуть анализу и наблюдению на том же конце волокна оптическую энергию, прошедшую через волокно в направлении, противоположном распространению импульса.

Форма определяемого сигнала уменьшается по экспоненте, что типично для обратного рассеяния, с накладывающимися друг на друга пиками (всплесками на рефлектограмме) из-за отражений от концов оптического волокна или других мест изменения коэффициента отражения (рис. 3.12).

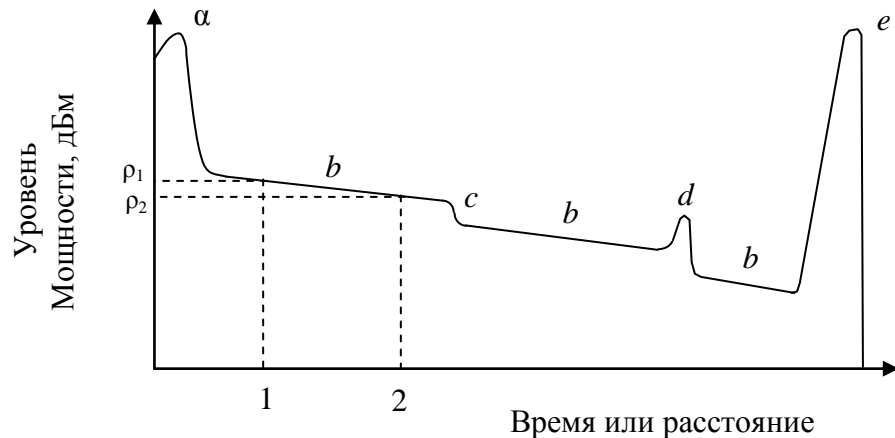


Рис. 3.12 – Рефлектограмма сигнала обратного рассеивания: α -отражение от входного торца ОВ; b -изменение уровня мощности за счет затухания ОВ; c -скачок затухания в точке неразъемного соединителя; d -отражение и скачок затухания в разъемном соединителе; e -отражение от входного торца

Для определения местоположения неоднородностей рефлектометр измеряет только время. Следовательно, чтобы определить расстояние до места их расположения, нужно ввести групповую скорость распространения. Это делается путем введения в прибор коэффициента отражения оптического волокна.

Функции и возможности

Современные оптические рефлектометры обеспечивают такие функции и возможности, как:

- большой динамический диапазон при малом времени усреднения;
- высокая разрешающая способность и возможность измерений на линиях большой протяженности;
- высокая точность определения места повреждений,
- измерение как в ручном, так и в автоматическом режимах;
- автоматическая установка параметров прибора в зависимости от характеристик оптического волокна для достижения максимальной точности;
- представление результатов измерений в виде графика или таблицы;
- минимальное затухание "мертвой зоны";
- наличие режима измерения затухания отражения от мест сосредоточенной неоднородности на линии,
- наличие режима сравнения двух и более рефлектограмм,
- работа в режиме дистанционного управления и др.

Рефлектометры массой менее 5 кг, предназначенные для использования как при строительстве и эксплуатации ВОЛС, так и в полевых условиях, называют мини-рефлектометрами. Необходимо отметить, что тип оптического рефлектометра следует выбирать в зависимости от требуемого динамического диапазона, измеряемого расстояния, решаемых измерительных задач и других конкретных требований.

Среди отечественных приборов можно отметить рефлектометры фирмы КБВП: FOD-7003 (1310 и 1550 нм), FOD-7004 (850 и 1300 нм), FOD-7005 (850, 1300, 1310 и 1550 нм).

Наиболее разнообразные рефлектометры для использования в эксплуатационных условиях предлагают зарубежные фирмы: NetTest (приборы Nexus и FD440), EXFO (модули в составе FTB-300 и FTB-400), ANDO (AQ7250) и Acterna (модули в составе MTS-5000 и MTS-80Q0). Основные параметры оптических рефлектометров приведены в табл. 3.6 [11].

Таблица 3.6 – Основные параметры оптических рефлектометров

Производитель	Agilent Technologies	Net Test		ANDO	Acterna			EXFO
Устройство	E6000	CMA-4000	CMA-70	AQ7250	OFT-30(50)	MTS-5(WO	MTS-8000	FTB-400
Длина волны, нм	850, 1300 1310, 1550	850, 1300 1310,1550	1310, 1550	850, 1300 1310,1550, 1625	850, 1300 (1310, 1550)	850, 1300 1310, 1550	1310, 1550, 1625	850, 1300 1310, 1410 1550
Диапазон измеряемых расстояний, км	до 200	до 256	70/110	до 240	до 200	до 380	до 380	до 260
Погрешность измерения расстояния L, м	$1 \pm 10^{-4}L$	$2,5 \pm 10^{-5}L$	$2 \dots 5 \pm 10^{-5}L$	$2 \dots 5 \pm 10^{-5}L$	$2E5 \pm 10^{-5}L$	$2,5 \pm 10^{-5}L$	$1 \pm 10^{-5}L$	$2,5 \pm 10^{-5}L$
Динамический диапазон, дБ	23..40	24...40	26..30	22,5... 45	12..22 (10.. 30)	18.42	33...44	23... 44
Линейность, дБ	0,05	0,04	Н/д	Н/д	0,05	0,05	0,05	0,05
Метровая зона, м: - по событию - по затуханию	3-5 10-14	3,5 15-20	5 15	3 7-12	4-12 (3-1100) 8-15 (14-1200)	1,5-7 5-30	1-6 8-20	2-3 7-20
Электропитание: - внешн. Батарея -аккумулятор -сеть 220В	+ + +	- + +	- + +	+ + +	- + +	+ + +	+ + +	- + +
Габариты, мм	290x194 x75	343x241 x95	241x222 x88	290x194 x72	290x250 x55	300x235 x130	320x200 X55	305x229 x101
Масса, кг	2,8	4,9	2,93	3	4	5,5	2,9	6,5

Рефлектометр FOD-7301 (рис. 3.13) объединяет в себе мощный оптический рефлектометр на длине волны 1310, 1550, 1625 нм, современный измеритель оптической мощности, источник оптического излучения с возможностью генерирования сигнала частотой 1/2 кГц, а также яркий определитель обрывов волокна.

Рефлектометр FOD-7301 предназначен для технических работников, обслуживающих или строящих волоконно-оптические линии. Основным назначением является быстрое отыскание повреждений коротких и средних волоконно-оптических линий длиной до 50 км. Особенно удобен прибор при обслуживании систем Волокно в Дом (FTTH). Основные технические характеристики FOD-7301 приведены в таблице 3.7.



Рис. 3.13 – Рефлектометр FOD-7301

ОСОБЕННОСТИ

- Полная автоматизация измерений
- Оптический рефлектометр, измеритель средней мощности, источник оптического излучения, определитель обрывов волокна в одном компактном приборе
- Большая память на SD карточке
- Измерение на трех длинах волн одновременно и независимо
- Автоматическое определение мест изгиба волокна и потерь на них
- USB порт позволяет записать файлы на компьютер без специальных программ
- Короткие мертвые зоны: 1,2 м (типичное значение) по событиям и 7 м (типичное значение) по затуханию
- Разрешающая способность 25 см
- Яркий цветной экран, позволяющий работать на солнце
- Время включения прибора после года хранения 5 сек.

Таблица 3.7 – Основные технические характеристики FOD-7301

Характеристика	FOD-7301
Оптический рефлектометр	
Рабочие длины волн, нм	1310, 1550, 1625
Диапазон измерения расстояний, км	0,25;0,5;1;2;4;8;16;32;64;128;256
Динамический диапазон (SNR=1), дБ	не менее 26дБ при 10мкс и 3 мин
Количество рефлектограмм в памяти	более 1000
Разрешающая способность	0,25 м при трассе менее 4 км
Мертвая зона по затуханию, м	8м
Мертвая зона по событиям, м	1,5 м максимум
Источник оптического излучения	
Выходная мощность непрерывного излучения	1 мВт
Внутренняя модуляция	1/2 кГц
Стабильность	0,05 дБ / 1 час
Рабочие длины волн	1310, 1550, 1625 нм
Измеритель средней мощности	
Длина волны калибровки	850, 1310, 1490, 1550, 1625 нм
Измеряемая мощность	от +27 до -50 дБ
Разрешение	0,01 дБ / 1 час
Тип фотодиода	1 мм InGaAs
Время усреднения	от 20 мс до 1 с
Размерность	дБм, дБ, мВт, мкВт, нВт
Определитель обрывов волокна	
Длина волны	650 нм
Выходная мощность	>0,8 мВт в SM оптическом волокне 9/125 мкм
Общие параметры	
Размеры с резиновым чехлом / Вес	190x112x50 мм / 650 г
Питание	Alkaline AA 4 шт., NiMH батарея, блок питания 100-240В / 50-60Гц
Рабочая температура	от -10 до +50С

3.9.6 Измерители поляризационной модовой и хроматической дисперсии

С активным внедрением волоконно-оптических систем со спектральным уплотнением (DWDM) и повышением скорости передачи, существенным для ВОЛС (в том числе и на уже проложенных линиях), стало более востребованным измерение параметров хроматической и поляризационной-модовой дисперсии. Соответствующие измерители дисперсии раньше использовались только при производстве оптоволокна.

Поляризационная модовая дисперсия (PMD) является основной характеристикой одномодовых оптических волокон и особенно влияет на величину скорости передачи. Это влияние происходит из-за разности времени распространения энергии на данной длине волны, которая расщепляется на два слоя поляризации, находящиеся под прямым углом друг к другу. Основными причинами этого двойного лучепреломления является отсутствие округлости в самом волокне и влияния внешнего давления на волокно (макроизгибы, микроизгибы, скручивание и колебание температуры).

В одном из основных способов измерения PMD используются широкополосный поляризованный источник на одном конце волокна и поляризованный (переменный) оптический анализатор спектра (OSA) на другом конце. Для анализа используется метод быстрого преобразования Фурье (FFT). При этом значение PMD определяется исходя из среднего значения всех дифференциальных групповых задержек (DGD), в пикосекундах (пс) или в $\text{пс/км}^{1/2}$

Хроматическая дисперсия (CD) возникает из-за изменений показателя преломления оптического волокна от длины волны. Вследствие этих из-за них происходит неравномерная задержка распространения в зависимости от длины волны. При этом импульс, передаваемый по волокну, расширяется, что приводит к искажениям и увеличению коэффициента ошибок по битам (BER) оптической системы.

Хроматическая дисперсия определяется тремя важнейшими параметрами

-задержкой на данной длине волны, выраженной в пс,

-коэффициентом дисперсии D , выраженным в пс/нм, что соответствует изменению задержки как функции длины волны (или наклону кривой, представляющей задержку как функцию расстояния на данной длине волны). Коэффициент дисперсии также может выражаться в (пс/нм) приводится к 1 км (его значение распределяется по длине волокна, выраженной в км);

-наклоном S_0 , выраженным в пс/(нм²*км), что соответствует изменению коэффициента дисперсии как функции длины волны (или наклону кривой, представляющей дисперсию как функцию расстояния на длине волны нулевой дисперсии λ_0).

Параметры коэффициента дисперсии CD, приведенного к 1 км, и наклона S_0 учитывают длину волокна (которая может отличаться от длины кабеля из-за фактора спиральности). Поэтому важно знать точную длину волокна, от этого зависят результаты измерения. Так неточность в 10 % для длины волокна приведет к погрешности 10 % для результатов измерения дисперсии.

В настоящее время на Российском рынке приборы, измеряющие PMD и CD, для эксплуатационного использования представлены зарубежными компаниями (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Основные параметры измерителей PMD и CD

Компания	Acterna	Anritsu	EXFO	Perkin Elmer	Luciol
Название прибора	MTS-5000	MW9076D1	FTB-5800	CHROMOS11	V-CD1
Модель	с модулем 5083 CD		(модуль для FTB-400)		
Тип: полевой или стационарный	полевой	полевой	полевой	станционный	станционный
Метод измерения	импульсный, регистрируется отраженный сигнал	импульсный, регистрируется отраженный сигнал	фазовый (Phase Shift)	дифференциальный фазовый (Differential Phase Shift)	импульсный, регистрируется отраженный сигнал
Тип излучателя, количество, ширина полосы (нм)	4 излучателя	4 излучателя	1530-1625	1525-1575(C) 1569-1620 (L) 1525-1620 (C+L) перестр. лазер	1500-1580; 1510-1630
Динамический диапазон (дБ или км в SMF)	до 120 км	30	42	до 60	38/42
Точность установки длины волны (нм)	+/-5	+/-0,5	0,1	+/-0,1	0,2
Точность измерения дисперсии (пс/нм*км)		-	20 км G 652 1,6; 120км G.652 3,1; 20 км NZDSF 1,9	+/-1%	-
Воспроизводимость измерений ХД	+/-0,2 пс/(нм.км)	+/-0,05 пс/(нм.км)	20 км 0,04 пс/нм; 80 км 0,05; 120 км 0,25	+/-1%	0,02 пс/(нм.км)
Воспроизводимость измерений S ₀ (%)	+/-1	-	0,03 20 км G.652	+/-1	-
Воспроизводимость измерений λ ₀	-	+/-0,6 нм	0,1 нм при 20 км G-652; 0,14 нм при 80 км G-652; 1,1 нм при 120КMG-652	0,1 нм	0,1 нм (при длине волокна 25 км)
Погрешность измерения в точке λ ₀ , %		-	0,03 при 20 км G-652; 0,05 при 80 км G-652; 0,25 при 120КMG-652	+/-1	

Анализатор EXFO FTB-5800 определяет хроматическую дисперсию с использованием надежного метода измерения сдвига фаз. Источник с одной стороны линии связи посылает в волокно модулированный световой сигнал. К другой стороне линии связи различные длины волн приходят с разными сдвигами фаз. Измеряя эти сдвиги, анализатор вычисляет соответствующие временные задержки и определяют значение хроматической дисперсии.

Уникальной особенностью анализатора EXFO FTB-5800 является то, что он не передает информацию источнику в процессе тестирования, выполняя фильтрацию сигналов самостоятельно и независимо. Это дает возможность тестировать целиком линии связи, содержащие изоляторы и усилители EDFA (а не по сегментам, как прежде), что значительно ускоряет выполнение измерений и снижает количество ошибок.

Анализатор EXFO FTB-5800 оснащен широкополосным детектором и может выполнять тестирование как в стандартном С-диапазоне (1530-1565 нм), так и в длинноволновом L-диапазоне (1565-1625 нм). Хотя в настоящее время вполне достаточно тестирования в одном диапазоне, эта функциональность с большой вероятностью будет востребована в будущем. Когда потребности изменятся, пользователю не потребуется покупать новый анализатор - достаточно будет просто приобрести дополнительные оптические источники.

4-слотовый модуль анализатора хроматической дисперсии EXFO FTB-5800 устанавливается в универсальную 7-слотовую измерительную систему EXFO FTB-400. Оставшиеся три слота могут быть использованы под модуль анализатора поляризационно-модовой дисперсии EXFO FTB-5500. Таким образом, с помощью портативной платформы EXFO FTB-400 можно осуществлять всестороннее тестирование дисперсии в любых оптических системах связи, различных активных и пассивных компонентах и волокнах всех типов.

Основные параметры анализатора EXFO FTB-5800 приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9 – Основные параметры анализатора EXFO FTB-5800

Технические характеристики	
Диапазон длин волн	1530-1625 нм
Минимальный шаг по длине волны	0,1 нм
Типовое время измерений	менее 1 сек. на точку, определяется пользователем
Максимальное число точек	950, определяется пользователем
Динамический диапазон	42 дБ
Общие характеристики	
Размер (В x Ш x Г)	9,6 x 10 x 26 см
Вес	2 кг

3.9.7 Универсальные измерительные системы

Одной из характерных тенденций в области разработок средств измерений для ВОЛС является создание универсальных измерительных систем. Примером может служить универсальный базовый блок прибора MTS-8000 компании Acterna с встроенным измерителем мощности, функцией видимого источника света.

С помощью сменных модулей (серии 5000 и 8000) размером 120x27x211 мм универсальный прибор MTS-8000 может выполнять функции:

- оптического рефлектометра во временной области (OTDR), позволяющего измерять общее расстояние и затухание участка кабеля и расстояние, затухание и коэффициент отражения до места неоднородности (18 сменных блоков для различных длин волн и линий - от коротких до сверхдлинных);

- измерителя хроматической дисперсии (2 сменных блока CD и дополнительные перестраиваемые источники излучения);

-измерителя поляризационной модовой дисперсии (2 сменных блока PMD и дополнительный перестраиваемый источник излучения);

-анализатора спектра (OSA) с блоками WDM для измерения спектральных характеристик затухания в С- или L-диапазоне. Подобную же конструкцию имеют универсальные измерительные системы FTB-300 и FTB-400 фирмы EXFO (рис. 3), которые содержат базовый блок (ПК с ОС Windows) с возможностью установки сменных модулей. Например, FTB-400 с помощью сменных модулей может выполнять функции.

-оптического тестера (MultiTest FTB-1400 и FTB-3920);

-оптического рефлектометра (FTB-7000-B и FTB-7423C-B);

-оптического анализатора спектра (FTB-5240);

-многоволнового измерителя мощности для DWDM-измерений (FTB-5320),

-измерителя поляризационной модовой дисперсии (FTB-5500B);

-измерителя хроматической дисперсии (FTB-5800);

-оптического переключателя (FTB-9000).

Универсальные приборы трудно классифицировать по назначению. Но если рассматривать модуль на универсальной платформе как отдельный прибор, то можно ориентироваться на общепринятую классификацию.

4 Надежность ВОЛС

Надежность ВОЛС зависит от конструктивно – производственных и эксплуатационных факторов. К конструктивно – производственным относят факторы, связанные с разработкой, проектированием и изготовлением ОК и других вспомогательных изделий и устройств, входящих в состав ВОЛС. К эксплуатационным относят все факторы, влияющие на надежность ОК в процессе его прокладки, монтажа и последующей эксплуатации. Все указанные выше факторы подразделяют на внутренние и внешние. Внутренние факторы зависят от причин, возникающих в процессе изготовления ОВ и ОК, проектирования ВОЛС, монтажа, эксплуатации и старения ОК, внешние практически от них не зависят. Их причинами являются механические, электрические, климатические воздействия, токи КЗ и молний (при наличии металлических элементов в ОК) и т.д.

Понятия надежности регламентированы государственным стандартом ГОСТ 27.002-89 “Надежность в технике. Термины и определения”. Основные понятия и показатели надежности можно определить следующим образом.

Отказ кабеля или *ОК* – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния одной, нескольких или всех электрических цепей кабеля, одного или всех ОВ ОК.

Повреждение кабеля – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния кабеля при сохранении работоспособного состояния его электрических цепей или оптических волокон.

Работоспособность кабеля – состояние, при котором значения всех параметров, характеризующих способность передавать электрические или оптические сигналы с заданными показателями качества, соответствуют требованиям нормативно-технической документации.

Надежность кабеля (КЛС, ВОЛС) – свойство кабеля, и линейных сооружений сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортировки.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени и в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих качество передачи сообщений.

Показатели надежности подразделяют на *расчетные, экспериментальные, эксплуатационные и экстраполированные*. Первые получают расчетным путем на основе теоретических моделей и предпосылок; вторые – в результате целенаправленного эксперимента, третьи – статистической обработкой данных об отказах и времени восстановления при эксплуатации, четвертые – путем экстраполяции на другую продолжительность и другие условия эксплуатации. Расчетные и экспериментальные показатели более подходят для оценки надежности строительных длин ОК, эксплуатационные и экстраполированные показатели – для определения надежности КЛС и ВОЛС.

Кроме этих основных характеристик в теории надёжности используются и другие понятия:

Неисправность – повреждение, не вызывающее закрытия связи, характеризуемое состоянием линии, при котором значение одного или нескольких параметров не удовлетворяет заданным нормам.

Насчитывается 10 классов отказов:

"Внезапный отказ" - отказ, характеризующийся скачкообразным изменением значений одного или нескольких основных параметров ВОЛС (обычно по затуханию);

"постепенный отказ" - отказ, характеризующийся постепенным изменением значений одного или нескольких основных параметров ВОЛС (затухание, дисперсия);

"независимый отказ элемента ВОЛС" - отказ элемента ВОЛС, не обусловленный повреждениями и отказами других элементов объекта;

"зависимый отказ элемента ВОЛС" - отказ элемента ВОЛС, обусловленный повреждениями или отказами других элементов объекта (выход из строя муфты приводит к прекращению передачи по ОВ);

"полный отказ" - отказ, после возникновения которого использование ВОЛС невозможно до восстановления ее работоспособности;

"частичный отказ" - отказ, после возникновения которого использование ВОЛС по назначению возможно, но при этом значения одного или нескольких основных параметров находятся вне допустимых пределов;

"сбой" - самоустраняющийся отказ, приводящий к кратковременной "утрате работоспособности";

"перемещающийся отказ" - многократно возникающий сбой одного и того же характера;

"конструкционный отказ" - отказ, возникший вследствие ошибок конструктора или несовершенства методов конструирования;

"производственный отказ" - отказ, возникший вследствие нарушения или несовершенства технологического процесса изготовления или ремонта ВОЛС;

"эксплуатационный отказ" - отказ, возникший вследствие нарушения установленных правил эксплуатации или вследствие влияния непредусмотренных внешних воздействий [10].

Эти понятия только часть терминов, используемых в теории надежности. Остальные понятия и численные значения, необходимые для оценки надежности ВОЛС, представлены в Приложении 2, а так же будут рассмотрены ниже.

4.1 Количественные показатели надежности

Для относительно функционально однородных объектов сети связи, к которым можно отнести линии связи между двумя взаимодействующими объектами, применимо следующее определение надежности: надежность – это свойство системы связи (СС) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения. Наиболее универсальной количественной характеристикой надежности является коэффициент готовности, с которым однозначно связан коэффициент вынужденного простоя (или коэффициент неготовности).

Коэффициент готовности K_G – это вероятность того, что система будет работоспособна в произвольно выбранный момент времени

$$K_G = T_o / (T_o + t_B) \quad (4.1)$$

где t_B – среднее время восстановления работоспособного состояния.

T_o – средняя наработка на отказ (МТBF), т.е. среднее время между отказами, определяется как

$$T_o = 1/\Lambda \quad (4.2)$$

где Λ – интенсивность отказов всей системы.

Коэффициент вынужденного простоя (коэффициент неготовности) K_{II} – это вероятность того, что система не будет работоспособна в произвольно выбранный момент времени

$$K_{II} = 1 - K_G \quad (4.3)$$

Практическое использование формулы (4.1), связано с возможностью вычисления входящих в нее параметров: средней наработки на отказ и среднего времени восстановления работоспособного состояния. Если для отдельных компонентов среднее время наработки на отказ определяется фирмой-производителем, то время восстановления работоспособного состояния зависит от многих конкретных условий эксплуатации. Коэффициент готовности (K_T) отдельных компонентов и сети связи в целом величины различные, но взаимосвязанные. Так, если надежность (коэффициент готовности) компонентов системы низка, то и надежность всей системы будет более низкой, чем при использовании более надежных компонентов. Определяющими являются показатели надежности сети связи в целом. Международный стандарт G.602 характеризует готовность канала оптической линии связи, приводя его к готовности эталонной гипотетической системы передачи с длиной оптического кабеля 2500 км в одном направлении (с учетом возможного резервирования). При этом коэффициент готовности должен быть не менее 0,996. Для российских линий связи рекомендуется пересчитывать коэффициент готовности к национальной гипотетической линии длиной 13 900 км. Коэффициент готовности такой линии должен быть не менее 0,98 (без резервирования), что при пересчете соответствует международной норме. Четыре фактора, влияющих на коэффициент готовности:

- отказоустойчивость оборудования;
- автоматическое защитное переключение;
- методика и технологическая дисциплина эксплуатации;
- характер трассы и защитные мероприятия.

Как показывает практика, аварии в кабельной линии дают наибольший вклад в суммарное время неработоспособности системы связи (примерно 95% всего времени неработоспособности системы). Основным способом повышения надежности работы волоконно-оптической сети связи в целом (то есть кабельной инфраструктуры сети в комплексе с волоконно-оптическими системами передачи) является резервирование как оборудования передачи данных, так и кабельной инфраструктуры. При наличии аварии (отказа) необходимо автоматическое переключение на резервные линии связи. Вопрос заключается только в точном определении понятия «отказ». Для аналоговой системы передачи отказ характеризуется одной из следующих ситуаций (продолжающихся более 1 с):

- 1) полная потеря сигнала;
- 2) падение контрольного уровня сигнала на 10 дБ ниже номинального значения;
- 3) уровень шума, измеренный в интервале 5 мс, превышает 1 млн. пВт.

Поскольку современные системы связи предназначены для передачи цифровой информации, то для оценки надежности ее работы можно использовать критерий, связанный со способностью системы выполнять эту функцию с заданным качеством. Универсальным методом оценки качества цифровой системы связи в соответствии с рекомендациями является коэффициент ошибок (BER), определяемый как отношение числа $N_{ош}$ ошибочно принятых битов к общему числу N переданных битов:

$$BER = N_{ош}/N \quad (4.4)$$

Международный комитет по электросвязи рекомендует использовать следующие критерии качества работы системы связи.

Норма $BER < 10^{-10}$.

Пониженное качество $10^{-10} < BER < 10^{-6}$.

Повреждение $10^{-6} < BER < 10^{-3}$.

Отказ $BER > 10^{-3}$.

Поскольку в нормальных условиях система не может функционировать при коэффициенте ошибки $BER > 10^{-3}$, этот критерий можно использовать как критерий неработоспособности системы. Как правило, при таком уровне коэффициента ошибок система

автоматически производит отключение аппаратуры. Разумеется, приведенные критерии носят рекомендательный характер и для каждой конкретной системы должны определяться в соответствии с условиями ее работы.

Еще одним параметром надежности является **интенсивность отказов** ξ , численно равная среднему количеству отказов в течение одного часа, отнесенному к величине этого временного интервала. В период нормальной эксплуатации (после приработки, но еще до наступления физического износа) интенсивность отказов постоянна. В рассматриваемом случае $T_o = 1/\xi$, а вероятность того, что объект будет работать безотказно в течение времени t , составляет

$$Q = \exp(-\xi \cdot t) \quad (4.5)$$

При оценке надежности сложной системы, состоящей из разнотипных элементов и блоков, обычно полагают, что отказы отдельных элементов происходят независимо, а отказ хотя бы одного элемента ведет к отказу системы. В этом случае интенсивность отказов Λ системы можно рассчитать по формуле

$$\Lambda = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \dots + \xi_i \quad (4.6)$$

где ξ_i - интенсивность отказов i - го элемента (блока).

Оценку надежности работы канала производят по следующим показателям: среднему времени между отказами, коэффициенту готовности (простоя). Расчет ведут отдельно по линейно – кабельным сооружениям и аппаратуре. Пример расчета надежности приведен в Приложении 2.

4.2 Повышение надежности сложных систем

Если в системе отсутствует резервирование, то соответственно уменьшается коэффициент готовности системы. Современные системы связи используют большое количество элементов, что делает совершенно необходимым использование резервирования и обходных маршрутов для повышения коэффициента готовности системы связи в целом. Время, необходимое для исправления повреждений, может значительно меняться и зависит от организации наблюдения за сбоями, доступа к месту повреждения, готовности персонала и т.д. Показатель среднего времени на ремонт 15 минут можно достичь в случае, если это главная станция, работающая 24 часа в сутки и укомплектованная высококвалифицированными техниками. В случае же если это необслуживаемый пункт усилителя, расположенный на вершине удаленной возвышенности, отрезанный в течение зимнего периода снежными заносами, то среднее время на ремонт 48 часов или более представляется более реалистичным. Поэтому системы без резервирования могут быть применены в первом из вышеуказанных случаев, тогда как системы с полным двойным или даже тройным резервированием могут потребоваться для того, чтобы достичь желаемого коэффициента готовности в том случае, когда труднодоступный пункт становится критическим узлом связи. Для большинства расчетов коэффициента готовности системы при нормальном доступе среднее время на ремонт 4 часа общепринято рассматривать как приемлемое для ремонта электронных компонентов. Восстановление волокон или кабелей может занять значительно больше времени (различными нормативами устанавливается время восстановления оптической линии от 5 до 48 часов). За слишком большой коэффициент готовности приходится платить увеличением капиталовложений в проектирование и строительство систем.

В целом коэффициент готовности 99,995%, соответствующий неработоспособности порядка 25 минут в год, вполне достаточен для большинства телефонных систем и может быть

получен без чрезмерного дублирования оборудования. Надежность волоконно-оптических систем передачи зависит от надежности составляющих элементов (оптических линий, мультиплексоров, коммутаторов, маршрутизаторов и т.д.), от наличия дополнительных источников сбоев, а также от выбранной схемы защиты. Ключевым методом повышения надежности работы сети связи является резервирование. Наиболее надежное, но одновременно самое дорогое решение дает схема полного дублирования, когда имеется полный комплект пассивного (незадействованного) оборудования. В случае отказа основного комплекта трафик направляется по дублирующему. При этом резервирование оптического волокна целесообразно, с точки зрения повышения надежности, проводить по разнесенным трассам. В целях экономии может быть использовано решение, когда основной комплект оборудования используется для передачи высокоприоритетного трафика, а дублирующий – низкоприоритетного. В случае отказа основного оборудования высокоприоритетный трафик переключается на дублирующий комплект оборудования, а низкоприоритетный может быть приостановлен. Другое экономичное решение – использование резервирования по схеме 1:N – одна линия (один комплект оборудования) может быть использована как резервная для N линий. В системах связи с плотным спектральным мультиплексированием (DWDM) снижение затрат на запасное оборудование дает использование перестраиваемых лазеров. К сожалению, для резервирования по схеме 1:N оптических кабельных линий – наиболее уязвимого элемента системы связи – необходима развитая сетевая инфраструктура.

4.3 Коэффициент готовности кабельной линии

Наиболее важными из условий эксплуатации являются воздействие окружающей среды и воздействие, связанное с хозяйственной или иной деятельностью человека. Хозяйственная деятельность, в основном механизированные земляные работы, часто является главным источником повреждений подземных кабелей. Воздействию неблагоприятных внешних условий (молнии, налипание снега, обледенение, сильный ветер и проч.) в большей степени подвержены надземные (воздушные) кабельные линии. Измерение и расчет реальной надежности кабельной системы в конкретных условиях эксплуатации являются весьма сложной задачей. Практически для получения достоверного значения необходимо накопление опытных данных за значительный период времени. В этом направлении проводится научно-исследовательская работа на основе обработки статистических данных. Общими как для подземного, так и для воздушного способа прокладки причинами повреждений являются следующие:

- вандализм;
- скрытый брак при производстве оптического кабеля (ОК);
- некачественные строительные работы или монтаж;
- ошибки проектирования (неправильный выбор типа кабеля, неподходящая арматура, несоответствие технических требований условиям эксплуатации).

Вандализм является одной из очень распространенных причин повреждений. В наибольшей степени ему подвержены кабели с металлическими элементами (обнаруживаемые с помощью металлоискателей) и ОК воздушной прокладки. Скрытый брак при производстве ОК в настоящее время маловероятен ввиду того, что практически все производители ОК сертифицированы по системе ISO 9000 и контроль на стадии производства гораздо легче организовать, чем на более поздних стадиях. Для сведения к минимуму этого фактора необходимо тщательно подходить к вопросу выбора поставщика и правильно организовывать приемку оптического кабеля.

Некачественные строительные работы или монтаж обычно вскрываются при введении ВОЛС в эксплуатацию и в большинстве случаев могут быть исправлены и устранены в относительно сжатые сроки.

Ошибки проектирования могут иметь самые серьезные последствия, в особенности потому, что они (кроме самых грубых) трудно диагностируются на этапе ввода системы связи в эксплуатацию и проявляются по прошествии некоторого времени. Универсальная рекомендация для избегания таких ошибок заключается в использовании надежных проектных организаций, имеющих опыт проектирования аналогичных систем связи. Основными причинами повреждений подземных кабельных линий являются следующие:

- механические повреждения ОК при проведении строительно-монтажных работ сторонними организациями в пределах охранных зон кабельной линии;
- механические повреждения ОК от перемещения грунтов (обвалы, пучения, оползни, селевые потоки и т.д.), как правило, в пределах одной - двух строительных длин оптического кабеля;
- повреждения ОВ за счет старения или попадания в сердечник кабеля влаги;
- повреждение кабелей от грозových воздействий (при наличии металлических элементов в конструкции оптического кабеля);
- повреждения ОК от воздействия грызунов, пожаров и т.д.

Несколько иные причины вызывают аварии оптических кабелей, проложенных на опорах линий электропередачи:

- механическое повреждение ОК с обрывом оптических волокон, не связанное с повреждением элементов несущей конструкции;
- деформация элемента опоры, вызвавшая обрыв ОК;
- падение опоры (опор), вызвавшее обрыв ОК;
- обрыв ОК или самопроизвольный обрыв оптического волокна;
- повреждения из-за влияния электромагнитного поля.

Для всех перечисленных причин вероятность отказа прямо пропорциональна длине оптической кабельной линии, поэтому для характеристики ее надежности используют нормированные на некоторую длину показатели. К таким показателям для кабельных линий связи относятся:

- плотность отказов гипотетической короткой линии m , которая определяет среднее количество отказов в год на линии длиной 100 км;
- средняя наработка между отказами на короткой линии l длиной 100 км с однородными условиями эксплуатации T_l [час]; Поскольку величина T_l трудно определима в силу разнообразия причин выхода из строя кабельной линии, то коэффициент готовности короткой оптической кабельной линии $K_{Гl}$ вычисляют по значению плотности отказов m в соответствии со следующим выражением:

$$K_{Гl} = (8760 - m \cdot t_B) / 8760 \quad (4.7)$$

где 8760 – количество часов в год.

Для нахождения величины T_l можно использовать полученное значение $K_{Гl}$:

$$T_l = K_{Гl} \cdot t_B / (1 - K_{Гl}), \quad (4.8)$$

либо использовать связь с плотностью отказов:

$$T_l = (8760 - m \cdot t_B) / m \quad (4.9)$$

Часто используются также показатели надежности гипотетической длинной линии (длиной $L = 13\,900$ км): средняя наработка между отказами T_L [час] и коэффициент готовности длинной линии, $K_{ГL}$, которые вычисляются по следующим формулам:

$$T_L = (8760 \cdot l - m \cdot t_B \cdot L) / (l \cdot m) \quad (4.10)$$

$$K_{TL} = T_L / (T_L + t_B) \quad (4.11)$$

В начальный период использования ВОЛС на воздушных линиях электропередач, который определен до 2010 года, пока не получены надежные эксплуатационные показатели надежности ОК, рекомендуется приравнять экстраполированные показатели надежности ОК соответствующим эксплуатационным показателям надежности подвески стальных грозозащитных тросов. Плотность отказов грозозащитных тросов в результате обрывов и падения опор, нормированная на 100 км ВЛ в год, приведена в [12].

Следует подчеркнуть, что достоверность любых расчетных показателей надежности зависит от достоверности параметров, включенных в соответствующие уравнения. Достоверность может быть повышена по мере накопления информации по эксплуатационным данным. Наиболее эффективно для этой цели использование автоматизированных систем контроля состояния (RFTS), содержащих встроенные базы данных, заполняемые в автоматическом режиме.

4.4 Время восстановления оптической кабельной линии

Уровень надежности оптической линии зависит от своевременности устранения текущих повреждений для предотвращения аварий. Если авария на линии все же произошла, то ее необходимо устранять, и как можно быстрее. При этом основными составляющими времени восстановления связи t_B можно считать:

- время на определение места повреждения;
- время на сбор аварийной бригады и доставку ее к месту аварии;
- время на прокладку и монтаж аварийной вставки;
- время на проведение комплекса необходимых измерений. Важнейшее влияние на скорость проведения аварийно-восстановительных работ (АВР) оказывает их организация.

К общим требованиям, предъявляемым к организации АВР на линиях связи, относятся следующие:

- максимальное использование средств механизации;
- максимально возможное совмещение во времени разнородных работ и операций;
- максимально быстрая и одновременная (по возможности) доставка ремонтных бригад и средств механизации к месту производства работ.

Кроме этого на скорость восстановления ОК при аварийных повреждениях влияет целый ряд факторов. Основными можно считать следующие:

- техническая оснащенность аварийно-восстановительной бригады (АВБ);
- состав и квалификация персонала АВБ;
- состав аварийного запаса и материалов для ремонта оптического кабеля;
- актуальность и полнота базы данных сети ВОЛС.

Заключение

Стремительно меняющийся рынок производителей оборудования и материалов ВОЛС, постоянное совершенствование технологий в телекоммуникациях при существующей нормативно-технической базе, резко усилившаяся конкуренция между организациями, предоставляющими услуги связи, накладывает дополнительную ответственность на руководителей и менеджеров проектных и эксплуатационных организаций и ставит перед ними все более сложные задачи обеспечения высокого качества и надежности в предоставляемых телекоммуникационных услугах.

К сожалению, в периодических изданиях уделяется недостаточное внимание описанию вопросов проектирования и строительства, что создает ряд проблем для специалистов, эксплуатирующих и внедряющих ВОЛП на магистральных, зонавых, городских оптических сетях.

В данном пособии автор попытался изложить основы проектирования, строительства, эксплуатации и расчета надежности ВОЛС, учитывая, что в настоящее время конкурентоспособность любой организации на рынке телекоммуникационных услуг обеспечивается соотношением четырех основных факторов: сроки - цена - качество - комплексность предоставляемых услуг.

В начале книги особое внимание уделено требованиям к современному проектированию. В соответствии с этим изложены перечень вопросов, которые необходимо рассмотреть при проектировании. Приведены нормативные документы, лежащие в основе всех разделов проекта. Даны расчетные соотношения для определения длины регенерационного участка, ограниченного дисперсией и затуханием, при заданной скорости передачи.

Во второй главе предпринята попытка систематизировать и описать современные методы прокладки ОК, а в третьей главе рассмотрены основы технической эксплуатации волоконно-оптических линий связи. Одним из важнейших требований к ВОЛС является надежность. Расчету надежности посвящена четвертая глава пособия.

Надеюсь, что эта книга будет полезна специалистам, желающим повысить свой профессиональный уровень, а также студентам обучающимся по направлениям «Телекоммуникация» и «Радиотехника».

Литература

1. «Современные технологии проектирования, строительства и эксплуатации линейно-кабельных сооружений». – Сборник трудов Третьей Всероссийской конференции. СПб: «ПЕТЕРКОН». 2003. – 112 с.
2. <http://www.opticlans.ru/>
3. Электрические и волоконно-оптические линии связи: учеб. пособие, дополненное / В.И. Ефанов. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 256 с.
4. <http://www.mgss.ru>
5. Воронцов А.С., Гурин О.И. и др. Оптические кабели связи российского производства. Справочник. - М.: Эко-Трендз, 2003. – 288 с.
6. Направляющие системы электросвязи: Учебник для вузов. В 2-х томах. Том 2 – Проектирование, строительство и техническая эксплуатация / Под ред. Андреева. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия - Телеком, 2010. – 424 с.: ил.
7. Портнов Э.Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи: Учебное пособие для вузов. – М: Горячая линия-Телеком, 2007.– 464с.

8. Иоргачёв Д.В., Бондаренко О.В. Волоконно-оптические кабели и линии связи. – М.: Эко-Трендз, 2002. – 282 с.
9. Волоконно-оптические системы передачи: вопросы оценки работоспособности / А.Х. Султанов, Р.Г. Усманов, И.А. Шарифгалиев, И.Л. Виноградова. – М.: Радио и связь, 2005.- 373с.
10. Портнов Э.Л. Оптические кабели связи их монтаж и измерение. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия-телеком, 2012. – 488 с.: ил.
11. <http://www.fod.ru>
12. Правила проектирования, строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи на воздушных линиях электропередачи напряжением 110 кВ и выше // Министерство топлива и энергетики РФ, РАО «ЕЭС России», 1998. – 90 с.
13. Правила технической эксплуатации первичных сетей взаимосвязанной сети связи РФ. Книга третья: Правила технической эксплуатации линейно кабельных сооружений междугородных линий передачи // Госкомсвязи России, М., 1998. – 80 с.
14. Руководство по проведению планово профилактических и аварийно восстановительных работ на линейно кабельных сооружениях связи волоконно-оптической линии передач// Минсвязи России, М., 2001. – 152 с.
15. Правила проектирования, строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи на воздушных линиях электропередачи напряжением 0,4–35 кВ // Министерство топлива и энергетики РФ, РАО «ЕЭС России», 2002. – 115 с.
16. Направляющие системы электросвязи: Учебник для вузов. В 2-х томах. Том 1 – Теория передачи и влияния / Под редакцией В.А. Андреева. – 7-е изд., перераб. И доп. – М.: Горячая линии – Телеком, 2009. – 424 с.: ил.
17. Оптические телекоммуникационные системы. Учебник для вузов / Под редакцией В.Н. Гордиенко. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 368 с.: ил.

Приложение 1

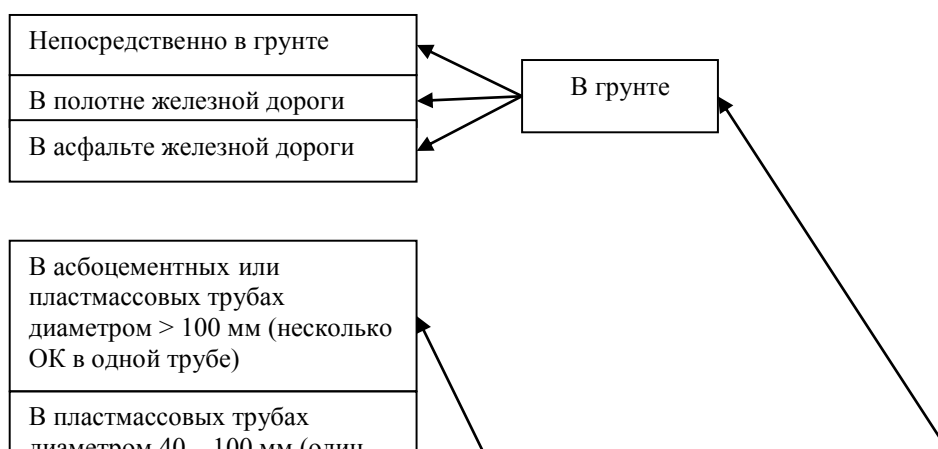


Рис. 1.1 – Классификация подземных ОК

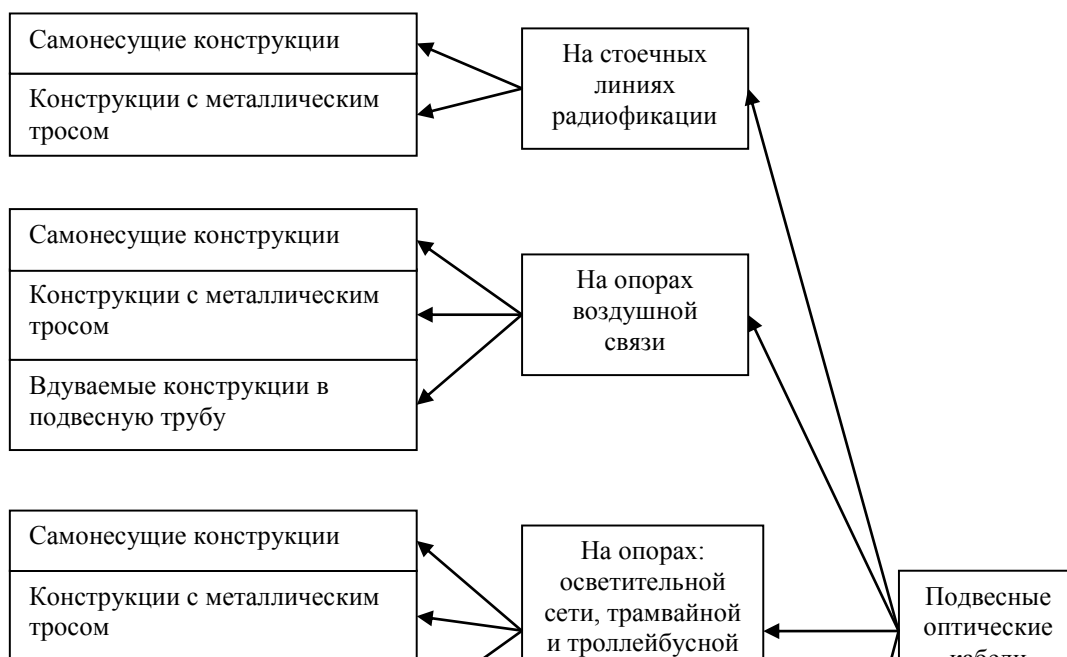


Рис. 1.2 – Классификация подвесных ОК

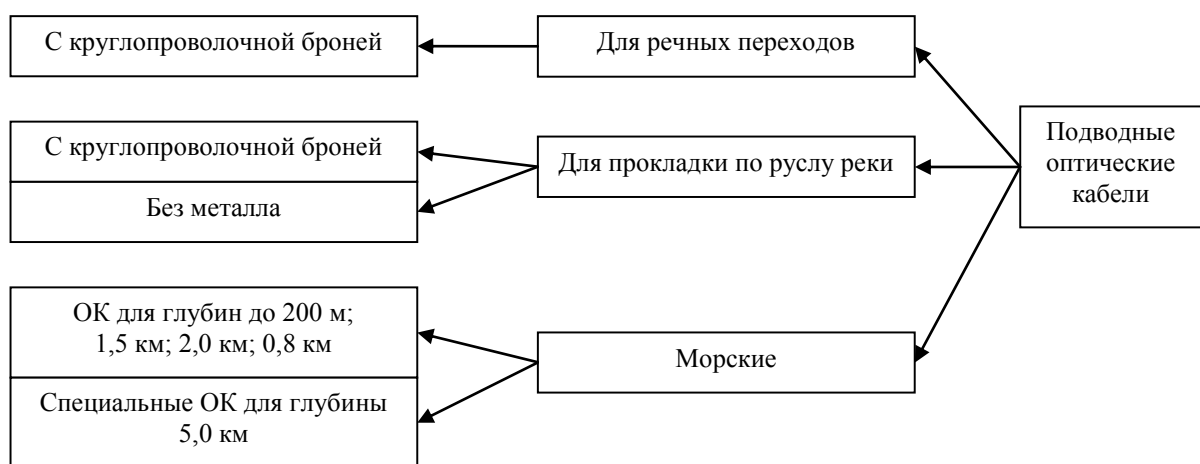


Рис. 1.3 – Классификация подводных ОК

Таблица 1.1 – Типоразмеры и масса ЗПТ

Типоразмеры ЗПТ, мм	Наружный диаметр ЗПТ, мм	Внутренний диаметр ЗПТ, мм	Толщина ЗПТ, мм	Масса, кг/м
25/21	25	21	2,0	0,15
32/26	32	26	3,0	0,28
32/27	32	27	2,5	0,23
40/33	40	33	3,5	0,41
40/34	40	34	3,0	0,35
50/41	50	41	4,5	0,65
50/42	50	42	4,0	0,58
63/53	63	53	5,0	0,92
63/55	63	55	4,0	0,75

Таблица 1.2 – Стандартные строительные длины ЗПТ

Наружный диаметр ЗПТ, мм	Строительная длина, м	
	На барабанах	В бухтах
25	4000 + 2	4000 + 2
32	2700 + 2	3000 + 2
40	1750 + 2	2000 + 2
50	1000 + 2	1100 + 2
63	600 + 2	700 + 2

Таблица 1.3 – Допустимые механические воздействия на ЗПТ

Типоразмеры ЗПТ, мм	Долговременная растягивающая нагрузка, кN	Допустимая кратковременная растягивающая нагрузка, кN	Допустимая устойчивость на смятие, кПа	Допустимое избыточное давление внутри ЗПТ, МПа
25/21	1,44	2,02	1500	2,0
32/26	2,73	3,82	1500	2,0
32/27	2,32	3,25	1300	2,0
40/33	4,01	5,61	1300	2,0
40/34	3,49	4,89	1100	2,0
50/41	6,43	9,00	2000	2,0
50/42	5,78	8,09	1500	2,0
63/53	9,11	12,75	1400	2,0
63/55	7,41	10,37	800	2,0

Таблица 1.4 – Технические параметры сварочных аппаратов **Fujikura**

	Fujikura FSM-11S	Fujikura FSM-17S	Fujikura FSM-50S
Типы свариваемых волокон	Одиночные кварцевые оптические волокна одномодовые (SM ITU-T G.652) многомодовые (MM ITU-T G.651) одномодовые со смещенной дисперсией (DS ITU-T G.653)	Одиночные кварцевые оптические волокна одномодовые (SM ITU-T G.652) многомодовые (MM ITU-T G.651) одномодовые со смещенной дисперсией (DS ITU-T G.653)	Одиночные кварцевые оптические волокна одномодовые (SM ITU-T G.652) многомодовые (MM ITU-T G.651) одномодовые со смещенной дисперсией (DS ITU-T G.653) и др.
Диаметр оболочки волокна	125 мкм	125 мкм 80-150 мкм – для модификации FSM-17S-FH	80-150 мкм
Диаметр защитного покрытия	250 или 900 мкм	От 100 до 1000 мкм	От 100 до 1000 мкм
Длина зачистки волокна	10 мм	8-16 для покрытия не более 250 мкм, 16 для покрытия от 250 до 1000 мкм, 8-16 для покрытия от 250 до 1000 мкм	8-16 для покрытия не более 250 мкм, 16 для покрытия от 250 до 1000 мкм, 8-16 для покрытия от 250 до 1000 мкм
Средние потери на сварном соединении	0,05 дБ для SM	0,05 дБ для SM	0,02 дБ для SM
	0,02 дБ для MM	0,02 дБ для MM	0,01 дБ для MM
	0,08 дБ для DS	0,08 дБ для DS	0,04 дБ для DS
	0,08 дБ для NZDS	0,04 дБ для NZDS	0,04 дБ для NZDS
Типичное время сварки	15 секунд	11 секунд	9 секунд
Коэффициент отражения от сварного соединения	Не более –60дБ	Не более –60дБ	Не более –60дБ
Оценка потерь на сварном соединении	Есть	Есть	Есть
Время термоусадки	Около 40 сек.	Около 35 сек.	Около 35 сек.
Кол-во сварок с термоусадкой	30 сварок при батарее BTR-07 при температуре 27°C	80-при батарее BTR-06(S) 160-при батарее BTR-06(L)	80- при батарее BTR-06(S) 160-при батарее BTR-06(L)
Масса	640 г без БП, 810 г с аккумуляторной батареей	2,1 кг без БП	2,3 кг (2,8 кг с ADC-11)

Таблица 1.5 – Техническая документация на оптические муфты

Тип муфты	Технические условия	Сертификаты системы “Связь”
МОГ	ТУ 5296-006-27564371-96 (для муфт типа МОГ)	ОС/1-ОК-355
МТОК	ТУ 5296-016-27564371-98 (для муфт типа МТОК)	ОС/1-ОК-147
МОПГ	ТУ 5296-019-27564371-99 (для муфт типа МОПГ)	ОС/1-ОК-472

Таблица 1.6 – Измерительные приборы

	ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ (ИИ)	ОПТИЧЕСКИЙ ВАТТМЕТР (ОВ)	ДЕТЕКТОР ПОВРЕЖДЕНИЙ	ИДЕНТИФИКАТОР ВОЛОКОН	ИЗМЕРИТЕЛЬ ОПО	ВОЛОКОННЫЙ ЛОКАТОР	РЕФЛЕКТОМЕТР	ИЗМЕРИТЕЛЬ ХД	ИЗМЕРИТЕЛЬ ПМД	СИСТЕМА КОНТРОЛЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ	БРИЛЮЭНОВСКИЙ РЕФЛЕКТОМЕТР
целостность волокна	+	+	+			+	+			+	+
поиск обрыва			+			+	+			+	+
идентификация волокна	+	+	+	+			+			+	+
целостность сварного соединения	+	+	+				+			+	+
потери на сварном соединении	+	+					+			+	+
общие оптические потери	+	+			+		+			+	+
определение качества волокна	+	+					+			+	+
отражение сварного шва и							+			+	+

разъема											
общие потери на отражение					+		+			+	+
уровень битовых ошибок											
автоматический дистанционный контроль										+	
определение хроматической дисперсии								+			
определение ПМД									+		
прогнозирование срока службы ОВ											+

Приложение 2

ГОСТ 28439-90 АППАРАТУРА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ПО ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ЦИФРОВАЯ. Общие технические требования

Требования надежности

1. Назначенный ресурс аппаратуры линейного тракта - не менее 20 лет, с учетом срока хранения.

2. Средняя наработка на отказ (T_0) канала связи, содержащего оконечную аппаратуру и 8 регенераторов - не менее 50000 ч.

3. Среднее время восстановления на одну неисправность линейного тракта - не более 30 мин (без учета времени подъезда к месту повреждения и подготовки места установки регенератора для безопасной работы людей при пользовании ЗИП).

4. Средний срок сохраняемости (T_c) в отапливаемых помещениях должен быть не менее 5 лет.

Примечание. Надежность изделий по результатам испытаний на надежность должна оцениваться при доверительной вероятности $g = 0,8$, риске поставщика $a = 0,2$, риске заказчика $b = 0,2$.

ВЕДОМСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЛИНЕЙНО-КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ СВЯЗИ

Надежность магистральных кабельных линий связи

1. В проектах на строительство магистральных кабельных линий связи первичной сети ВСС России после принятия основных решений на стадии проекта следует произвести расчет надежности работы линейных сооружений по "Методике расчета показателей надежности магистральных кабельных линий связи", Минсвязи СССР.

2. Магистральные кабельные линии связи должны соответствовать следующим основным нормативным показателям по надежности их работы:

наработка на отказ на 100 км линии передачи не ниже $T_o = 34375$ час;

коэффициент простоя - не выше $K_{II} = 2,55 \cdot 10^{-4}$;

коэффициент готовности - не ниже $K_T = 0,99970$.

3. В случае, если в результате произведенного расчета, показатели надежности проектируемых магистральных кабельных линий связи не будут удовлетворять нормам пункта 2 необходимо пересмотреть отдельные проектные решения в части:

- выноски кабельной линии за пределы населенных пунктов;
- обхода обвальных и селевых мест;
- резервирования переходов через водные преграды;
- замены электрических и оптических кабелей на более грозостойкие на участках трасс с высокой грозодеятельностью и плотностью аварий от ударов молний;
- прокладки кабеля с круглой проволочной броней на участках с многолетнемерзлыми грунтами.

Требования по надежности для российских волоконно-оптических линий связи

Требования по коэффициенту готовности для российских ВОЛС приведены в [12-14].

Надежность перспективной государственной цифровой сети определена в руководящем документе «Основные положения развития первичной сети РФ», принятом в 1994 году. Для основного цифрового канала (ОЦК) протяженностью 13 900 км (без резервирования) заданы следующие показатели надежности по отказам [13]:

- коэффициент готовности – не менее 0,98;
- среднее время между отказами – не менее 255 ч;
- среднее время восстановления – не более 5,2 ч.

Учитывая высокую надежность современной аппаратуры ЦСП, принятое значение коэффициента готовности кабельной линии равно 0,985, а аппаратуры – 0,995. Для обеспечения заданного коэффициента готовности на подземной кабельной линии должны обеспечиваться следующие показатели:

- среднее время между отказами – не менее 340,5 ч;
- среднее время восстановления – не более 5,2 ч;
- плотность повреждений – не более 0,1823.

Для обеспечения такого же коэффициента готовности (0,985) гипотетического канала связи протяженностью 13 900 км показатели надежности ОК, проложенного по воздушным линиям электропередачи, должны иметь следующие значения:

- среднее время восстановления – не более 10 ч;
- наработка между отказами – не менее 670 ч.

Соответствующие показатели надежности ОКГТ, пересчитанные для линии длиной 100 км, должны быть:

- коэффициент готовности – не менее 0,99989;
- плотность отказов – не более 0,094.

Коэффициенты готовности каналов связи служебных сетей определяются нормативными документами соответствующих организаций. В РАО «ЕЭС России» приняты следующие значения для коэффициентов готовности каналов передачи служебной электроэнергетической информации:

а) для системы передачи сигналов оперативно-диспетчерского контроля и управления текущим режимом, в том числе АСДУ – не менее 0,98;

б) для системы автоматического регулирования частоты, мощности и напряжения – не менее 0,997;

в) для системы противоаварийной автоматики – не менее 0,998;

г) для систем релейной защиты и автоматики ВЛ – не менее 0,998.

Аппаратура ВОЛС-ВЛ должна соответствовать следующим параметрам по надежности:

а) среднее расчетное время наработки на отказ одного комплекта – не менее 20 лет (с возможным использованием резервирования);

б) среднее время восстановления аппаратуры обслуживаемых пунктов заменой неисправного оборудования устройствами из ЗИП – не более 10 мин (на одну неисправность);

в) среднее время восстановления аппаратуры необслуживаемых пунктов заменой неисправного оборудования устройствами из ЗИП – не более 30 мин (на одну неисправность, без учета времени доставки персонала к месту аварии);

г) срок службы аппаратуры, т.е. время от начала эксплуатации аппаратуры до момента невозможности восстановления ее работоспособности путем ремонта основных элементов, должен быть не менее 20 лет [15].

Оценки надежности

Условия задачи:

Разрабатывается ВОЛС Томск - Мельниково длиной 50 км, на которой имеется усилитель, разветвитель и мультиплексор.

А) Система PDH с резервированием

Б) Система SDH с резервированием

Задание:

- 1) Определить время безотказной работы системы
- 2) Определить вероятность безотказной работы в течении
а) Суток б) Недели в) Месяца г) Года
- 3) Определить, надёжна ли будет система? Определить коэффициент простоя.

Решение Задачи:

Дано:

$L_{ок} = 50$ км - длина трассы

Для PDH $\xi_{ак} = 1 \cdot 10^{-7}$ 1/ч - интенсивность отказов активного элемента

$\xi_{пасс} = 3 \cdot 10^{-8}$ 1/ч - интенсивность отказов пассивного элемента

$\xi_{ок} = 5 \cdot 10^{-8}$ 1/ч - интенсивность отказов оптического кабеля

$t_{в ак} = 0.5$ ч - время восстановления активного элемента

$t_{в пасс} = 4.0$ ч - время восстановления пассивного элемента

$t_{в ок} = 5.0$ ч - время восстановления оптического кабеля

Расчёт:

- 1) Определить время безотказной работы системы

Для начала рассчитаем интенсивность отказа системы по формуле (4.6):

$$\Lambda = \xi_{ак} \cdot n_{ак} + \xi_{пасс} \cdot n_{пасс} + \xi_{ок} \cdot n_{ок} = 10^{-7} \cdot 1 + 3 \cdot 10^{-8} \cdot 2 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 50 = 2.66 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.}$$

По формуле (4.3) найдём время безотказной работы системы:

$$T_o = 1/\Lambda = 1/2.66 \cdot 10^{-6} = 375939,84 \text{ ч} = 42.9 \text{ лет.}$$

- 2) Определить вероятность безотказной работы в течении

а) Суток б) Недели в) Месяца г) Года

Для этого используем формулу (4.5), учитывая, что в сутках – 24 ч, в неделе – 168 ч, в месяце – 720 ч, в году – 8760 ч:

а) $Q = \exp(-\Lambda \cdot t) = \exp(-2.66 \cdot 10^{-6} \cdot 24) = 0.999936$

б) $Q = \exp(-\Lambda \cdot t) = \exp(-2.66 \cdot 10^{-6} \cdot 168) = 0.999533$

в) $Q = \exp(-\Lambda \cdot t) = \exp(-2.66 \cdot 10^{-6} \cdot 720) = 0.998087$

г) $Q = \exp(-\Lambda \cdot t) = \exp(-2.66 \cdot 10^{-6} \cdot 8760) = 0.976968$

3) Для того, чтобы определить будет ли система надёжна, необходимо рассчитать коэффициент готовности по формуле (4.1).

Предварительно найдём время восстановления системы по формуле:

$$t_B = (t_{в ак} \cdot \xi_{ак} \cdot n_{ак} + t_{в пасс} \cdot \xi_{пасс} \cdot n_{пасс} + t_{в ок} \cdot \xi_{ок} \cdot n_{ок}) / (\xi_{ак} \cdot n_{ак} + \xi_{пасс} \cdot n_{пасс} + \xi_{ок} \cdot n_{ок}) =$$

$$= (0.5 \cdot 10^{-7} \cdot 1 + 4.0 \cdot 3 \cdot 10^{-8} \cdot 2 + 5 \cdot 5 \cdot 10^{-8} \cdot 50) / (10^{-7} \cdot 1 + 3 \cdot 10^{-8} \cdot 2 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 50) = 4.8 \text{ ч}$$

Тогда:

$$K_G = 375939.84 / (375939.84 + 4.8) = 0.9999987,$$

а коэффициент простоя рассчитаем по формуле (4.3):

$$K_{П} = 1 - K_G = 1 - 0.996 = 0.004 = 0.4\%.$$

Как известно для данного типа ВОЛС адекватный коэффициент готовности будет равен 0.996.

Вывод: данная система будет работоспособна.

Расчет надежности канала ИКМ-1920 на ОК

Оценим надежность канала ТЧ (ОЦК) на участке первичной магистральной сети длиной 830 км (однородный участок магистрали) Обобщенная схема комплекса ВОЛС (рисунок 2.1) по техническим характеристикам соответствует второму поколению отечественных систем передачи ИКМ-1920 по ОК для СМП (длина волны - 1,55 мкм; протяженность участка регенерации - 70 км; строительная длина ОК - 2 км).

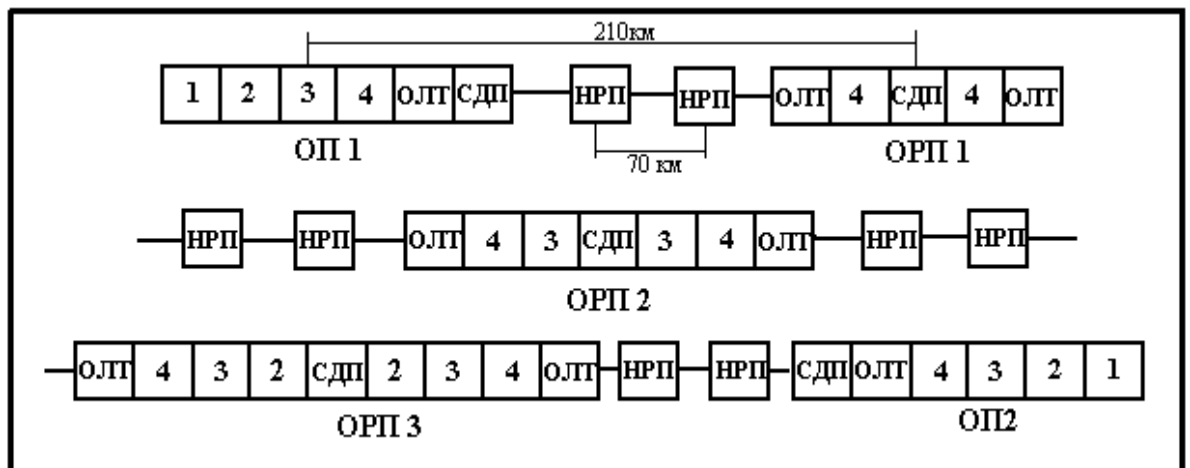


Рис. 2.1 – Обобщенная схема комплекса ВОЛС длиной 830 км

1 — аппаратура образования первичного цифрового тракта (САЦК-1); 2 — аппаратура вторичного временного группообразования (ВВГ); 3 — аппаратура третичного временного группообразования (ТВГ); 4 — аппаратура четверичного временного группообразования (ЧВГ); ОПТ — аппаратура оптического линейного тракта; СДП — стойка дистанционного питания; НРП — необслуживаемый регенерационный пункт; ОП1, 2 — оконечные пункты 1 и 2, ОРП — обслуживаемый регенерационный пункт

Показатели надежности компонентов комплекса ВОЛС (по данным ТУ на отечественное оборудование) приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Показатели надежности отечественной аппаратуры

Тип оборудования	САЦК-1	ВВГ	ТВГ	ЧВГ	СДП	ОЛТ
Среднее время между отказами, ч	20000	87600	150000	17000	87600	87600

В состав комплекса ВОЛС, образующего канал ТЧ длиной 830 км, входят 415 строительных длин ОК, 2 САЦК-1, 4 ВВГ, 6 ТВГ, 8 ЧВГ, 5 СДП, 8 НРП и 8 ОЛТ.

Коэффициент готовности рассчитывается по формуле (4.1). Коэффициент простоя определяется из формулы (4.3).

Определим требуемые значения $K_{г}$ и среднего времени между отказами для каналов и оборудования ВОЛС с учетом того, что $L = 830$ км. Результаты приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Требуемые значения коэффициентов простоя и среднего времени между отказами для каналов и оборудования магистральной ВОЛС при $L = 830$ км

Показатель надежности	Канал ТЧ или ОЦК независимо от применяемой СП	Канал ОЦК на перспективной цифровой	Оборудование линейного тракта
Коэффициент простоя	$5.295 \cdot 10^{-3}$	$2.887 \cdot 10^{-4}$	$5.312 \cdot 10^{-3}$
Среднее время между отказами, ч	188,86	3463,86	602,4

Вычислим сначала суммарный коэффициент простоя ВОЛС по линейно-кабельным сооружениям. Будем учитывать показатели надежности с учетом внешних повреждений кабеля и собственных показателей надежности (внутренние отказы ОК), а также интенсивность отказов НРП за счет внешних повреждений, равную по данным статистики эксплуатации коаксиальных магистралей 0,06 на один НРП в год.

Выражение $\xi_{ок} = M \cdot L / 8760 \cdot 100$ используем для определения интенсивности отказов ОК за счет внешних причин (работы сторонних организаций, дефекты строительства и монтажа муфт, ливни, удары молнии и т. д.) при условии организации по ним дистанционного питания (ДП) аппаратуры.

Предположим, что на участках магистрали ВОЛС между НРП (4 участка по 70 км) будет прокладываться ОК без металлических жил ДП (от ОРП дистанционно питается только один прилегающий НРП). Показатели надежности ОК на этих участках будут выше (согласно статистике неисправности, обусловленные ударами молнии, составляют 17% всех внешних неисправностей коаксиальных магистралей).

Интенсивность отказов отечественных ОК из-за внутренних причин должна соответствовать ТУ (кабели оптические одномодовые для линий передачи ЕАСС на длине волны 1,55 мкм). Технические условия, в соответствии с которыми минимальная наработка строительной длины кабеля до отказа должна быть не менее 215000 ч, что соответствует среднему времени между отказами примерно $215000 \cdot 15$ ч.

Тогда суммарная интенсивность отказов линейно-кабельных сооружений ВОЛС:

$$\Lambda = 0.34 \cdot (830-280) / 8760 \cdot 100 + (0.34 \cdot 280 / 8760 \cdot 100) \cdot 0.83 + 0.06 \cdot 8 / 8760 + 415 \cdot (1/215000 \cdot 1/15) = 2.135 + 10^{-4} + 1.3 \cdot 10^{-4} + 5,48 \cdot 10^{-5} + 1.29 \cdot 10^{-4} = 5.3 \cdot 10^{-4}. \quad (\text{П1})$$

Коэффициент простоя ВОЛС по линейно-кабельным сооружениям при традиционной стратегии восстановления в соответствии с выражением (4.3) $K_{\text{Лок}a} = 5,3 \cdot 10^{-3}$, а при оптимальной стратегии восстановления в соответствии с выражением (4.1) при времени подъезда $t_1 = 3.5$ ч:

$$K_{\text{Лок}} = 5.3 \cdot 10^{-4} (10 - 0.7 \cdot 3.5) / (1 + 2.3 \cdot 10^{-3} \cdot 10) = 4.0 \cdot 10^{-3}. \quad (\text{П2})$$

Суммарный коэффициент простоя аппаратуры ВОЛС рассчитывается отдельно для аппаратуры, размещенной в ОкП1, ОкП2, ОРП ($V = 0,5$ ч) и в НРП ($V = 2,5$ ч).

Суммарная интенсивность отказов для оборудования, размещенного в ОкП1, ОкП2 и ОРП, определится как:

$$\xi_{\text{орп}} = 2 \cdot \xi_{\text{сацк}} + 4 \cdot \xi_{\text{ввг}} + 6 \cdot \xi_{\text{гвг}} + 8 \cdot \xi_{\text{чвг}} + 5 \cdot \xi_{\text{сдп}} + 8 \cdot \xi_{\text{олт}} = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot 1.15 \cdot 10^{-5} + 6 \cdot 6.7 \cdot 10^{-6} + 8 \cdot 5.88 \cdot 10^{-5} + 5 \cdot 1.15 \cdot 10^{-5} + 8 \cdot 1.15 \cdot 10^{-3} = 8.06 \cdot 10^{-4}$$

Коэффициент простоя определим, используя выражение (4.3):

$$K_{\text{Лорп}a} = 8.6 \cdot 10^{-4} \cdot 0.5 / (1 + 8.06 \cdot 10^{-4} \cdot 0.5) = 4.03 \cdot 10^{-4}. \quad (\text{П3})$$

Суммарную интенсивность отказов для оборудования НРП определим с учетом того, что структурно (по надежности) регенератор в НРП (на одну СП) соответствует двум комплектам оборудования ОЛТ:

$$\xi_{\text{нрп}} = 8 \cdot 2 \cdot \xi_{\text{олт}} = 1,84 \cdot 10^{-4},$$

тогда $K_{\text{Л}}$ для традиционной стратегии восстановления определится как

$$K_{\text{Лнрп}a} = 1.84 \cdot 10^{-4} \cdot 2.5 \cdot (1 + 1.84 \cdot 10^{-4} \cdot 2.5) = 4.6 \cdot 10^{-4}. \quad (\text{П4})$$

А для оптимальной стратегии восстановления из (4.3) при времени подъезда $t_1 = 2$ ч:

$$K_{\text{Лнрп}} = 1.84 \cdot 10^{-4} (2.5 - 0.7 \cdot 2) / (1 + 1.84 \cdot 10^{-4}). \quad (\text{П5})$$

Теперь вычислим суммарный $K_{\text{Л}}$ аппаратуры ВОЛС, используя (П3), (П4) и (П5) соответственно при традиционной стратегии восстановления:

$$K_{\text{Л}a} = K_{\text{Лорп}a} + K_{\text{Лнрп}a} = 8.63 \cdot 10^{-4} \quad (\text{П6})$$

и для оптимальной стратегии восстановления:

$$K_{\text{Л}a} = K_{\text{Лорп}} + K_{\text{Лнрп}} = 6.03 \cdot 10^{-4}. \quad (\text{П7})$$

Наконец, используя (П1), (П2) и (П6), (П7), вычислим суммарный $K_{\text{Л}}$ всего комплекса ВОЛС при традиционной стратегии восстановления:

$$K_{\text{Л}a} = 5.3 \cdot 10^{-3} + 8.63 \cdot 10^{-4} = 6.2 \cdot 10^{-3} \quad (\text{П8})$$

и при оптимальной стратегии восстановления:

$$K_{II} = 4.0 \cdot 10^{-3} + 6.03 \cdot 10^{-4} = 4.6 \cdot 10^{-3}. \quad (\text{П9})$$

Как видно из сравнения результатов расчета с данными таблицы, только при оптимальной стратегии восстановления показатели надежности проектируемой ВОЛС удовлетворяют требованиям сети ОП. Как следует из выражения (4.3), они могут быть дополнительно улучшены при сокращении времени восстановления ОК, например применением других технологий восстановления.

Тем не менее, чтобы удовлетворить требованиям перспективной цифровой сети, этого недостаточно, а необходимо применять резервирование либо более высоконадежные компоненты ВОЛС.

Учебное издание

Ефанов В.И.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЛС

Учебное пособие по дисциплинам «Направляющие среды электросвязи»,
«Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС» для
направлений подготовки

Радиотехника – 210300, Телекоммуникации – 210400

Формат 60x84/16 Усл. печ. л.

Тираж Экз. Заказ

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, Томск, пр. Ленина, 40.
Тел. (3822) 533018