

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО ПОЧТЫ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ  
ТАШКЕНТСКИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО  
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ ПО  
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ СВЯЗИ**

**ТАШКЕНТ 2000**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	2
1. Расчет необходимого количества каналов на магистрали связи.....	3
2. Выбор уровня синхронного транспортного модуля и марки оптического кабеля.....	5
3. Конструктивный расчет кабеля.....	7
4. Выбор и обоснование трассы магистрали.....	9
5. Расчет затухания и пропускной способности световода.....	10
6. Расчет длины регенерационной секции. Разбивка трассы на секция мультиплексирования и регенерации.....	12
7. Организация дистанционного питания оборудования.....	15
8. Строительство ВОЛС.....	22
9. Расчет растягивающих усилий при прокладке оптического кабеля.....	29
10. Укрупненные расценки материалов и работ при проектировании и строительстве магистрали.....	31
Литература.....	33

## ВВЕДЕНИЕ

Цифровизация телекоммуникационной сети Республики Узбекистан требует проектирования и внедрения новых волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). ВОЛС предназначены для работы ЦСП SDH (синхронной цифровой иерархии).

В данном учебном пособии приводится методика расчета количества каналов между двумя оконечными пунктами. При проектировании ВОЛС важнейшим вопросом является выбор уровня транспортного модуля и марки оптического кабеля, сопровождаемый конструктивным расчетом, что также рассматривается в пособии.

Большое значение имеет выбор оптимальной трассы прохождения ВОЛС, на основе сравнительного анализа.

Определение длины регенерационной секции производится на основе расчета затухания и дисперсии световода. Трасса разбивается на регенерационные и мультиплексные секции, согласно методике, предложенной в пособии. При этом учитывается организация дистанционного питания оборудования.

При строительстве ВОЛС используются современные технологии, предложенные в соответствующей главе. Важным моментом является расчет растягивающих усилий, действующих на кабель при прокладке.

Для составления сметы затрат на проектирование и строительство ВОЛС предлагаются укрупненные расценки необходимых материалов и работ.

Данное учебное пособие рекомендуется как помощь при проектировании волоконно-оптических линий связи.

# 1. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА КАНАЛОВ НА МАГИСТРАЛИ СВЯЗИ

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

Численность населения в любом областном центре и в области в целом может быть определена на основании статистических данных последней переписи населения в республике. При перспективном проектировании следует также учесть прирост населения.

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

$$N_t = N_0(1+p/100)^t, \text{ чел.}, \quad (1.1)$$

где

$N_0$  – народонаселение в период проведения переписи, чел.;

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

$t$  – период, определяемых как разность между назначенным годом перспективного проектирования и годом проведения переписи населения, лет.

Год перспективного проектирования принимается на 5 лет вперед.

Следовательно:

$$t = 5 + (t_m - t_0), \text{ лет}, \quad (1.2)$$

где

$t_m$  – год составления проекта;

$t_0$  – год, к которому относятся данные  $N_0$ .

Количество абонентов в зоне действия АМТС определяется по формуле:

$$m_{аб} = 0.3 N_t, \text{ аб.}, \quad (1.3)$$

где

0.3 – коэффициент оснащенности населения телефонными аппаратами (т. е. число абонентов АМТС составляет 30% населения).

Степень заинтересованности населения во взаимосвязи зависит от политических, экономических, культурных и социальных отношений. Взаимосвязь между заданными конечными и промежуточными пунктами определяется на основании статистических данных, полученных предприятиями связи за предшествующие проектированию годы. Эта взаимосвязь выражается через коэффициент тяготения  $f_i$ , который

колеблется в широких пределах (от 0.1 до 12 %). В курсовом проекте следует принять  $f_1 \approx 5\%$ .

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

Для расчета телефонных каналов используют приближенную формулу:

$$n_{тф} = \alpha_1 \cdot f_1 \cdot Y \cdot \frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} + \beta_1, \text{ кан.} \quad (1.4)$$

где

$\alpha_1, \beta_1$  – постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям, обычно потери задаются 5%, тогда  $\alpha_1 = 1,3$ ;  $\beta_1 = 5,6$ ;

$f_1$  – коэффициент тяготения,  $f_1 = 0,05$ ;

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

$m_a, m_b$  – количество абонентов, обслуживаемых оконечными АМТС, соответственно в п. А. и в п. В.

По кабельной магистрали организуют каналы и других видов связи: телеграфной, факсимильной, передачи данных, передачи газет, проводного вещания, а также телевидения.

Поскольку число этих каналов может быть выражено через число телефонных каналов, т. е. каналов ТЧ, например,  $1ТВ_{кан} = 1600ТФ_{кан}$ ,  $1ТГ_{кан} = 1/24ТФ_{кан}$ ,  $1ПВ_{кан} = 3!Ф_{кан}$  и т.д., целесообразно общее число каналов между заданными пунктами выразить через телефонные каналы.

Тогда общее число каналов можно рассчитать по упрощенной формуле:

$$n_{об} = 2n_{тф} + n_{тв} = 2n_{тф} + 3200, \text{ кан.} \quad (1.5)$$

где

$n_{тф}$  – число двусторонних телефонных каналов, определяемые по (1.4);

$n_{тв}$  – число двусторонних телевизионных каналов.

В курсовом проекте следует предусмотреть два двусторонних телевизионных канала. Если трасса проектируемой ВОЛС не проходит через областной центр, то каналы телевидения организовывать не целесообразно.

## 2. ВЫБОР УРОВНЯ СИНХРОННОГО ТРАНСПОРТНОГО МОДУЛЯ И МАРКИ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

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

Передача цифровой информации в таких ЦСП производится блочными циклическими структурами, следующими с периодом повторения 125 мкс и называемыми транспортными модулями. Транспортные модули подразделяются по уровням, то есть по скорости передачи цифровой информации и, соответственно, по количеству передаваемых каналов. Различают пять уровней транспортных модулей SDH (таб.2.1).

Таблица 2.1

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

Как известно, телекоммуникационные сети подразделяются на глобальные, национальные, региональные и местные. В табл. 2.2 приведено соответствие между уровнями транспортных модулей и сетями, на которых они используются.

Таблица 2.2

Сеть	Транспортный модуль
Глобальная	STM-64, STM-16
Национальная	STM-16, STM-4
Региональная	STM-1
Местная	STM-1, STM-4

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

Возможен случай, когда одного транспортного модуля бывает недостаточно для организации требуемого количества каналов между пунктами, поэтому количество модулей определяется

$$n_{\text{тр.мод.}} = (N_{\text{кан.}} / N_{\text{тр.мод.}}) \text{ шт.} \quad (21)$$

где  $N_{\text{кан.}}$  - требуемое количество каналов;

$N_{\text{тр.мод.}}$  - количество каналов, обеспечиваемых транспортным модулем.

Для передачи цифровой информации, сформированной в виде транспортных модулей, необходимо обеспечить два оптических волокна (двухволоконная система организации связи).

При этом требуется количество волокон в кабеле будет равно:

$$N_{\text{вол.}} = n_{\text{тр.мод.}} \cdot (2 \cdot Z_{\text{вол.}}) \text{ вол.} \quad (22)$$

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

$Z_{\text{вол.}}$  - два резервных волокна.

Зная требуемое количество волокон в кабеле, можно определить число модулей и его марку (смотри справочные данные). При выборе марки кабеля следует учитывать (обязательно учесть его принадлежность) именно в телефонной канализации, другие виды кабелей характеризуются другими параметрами.

**Пример.** Необходимо спроектировать волоконно-оптическую линию связи между пунктами Ташкент-Самарканд.

Требуемое количество каналов  $N_{\text{кан.}} = 12000$ .

Сеть национальная, Оурса-онко, уровень транспортного модуля и марку оптического кабеля для указанной волоконно-оптической линии связи.

Для участка Ташкент-Самарканд целесообразно выбрать транспортный модуль СИМ-4, обеспечивающий по паре волокон передачу 1260 каналов (табл. 2).

Когда число транспортных модулей определится

$$n_{\text{тр.мод.}} = (N_{\text{кан.}} / N_{\text{тр.мод.}}) = 12000 / 1260 = 2 \text{ шт.}$$

Следовательно, требуется количество волокон в кабеле:

$$N_{\text{вол.}} = n_{\text{тр.мод.}} \cdot (2 \cdot Z_{\text{вол.}}) = 2 \cdot 4 = 8 \text{ вол.}$$

По техническим характеристикам для прокладки из двух кабелей Ташкентом и Самаркандом целесообразно выбрать кабель марки А-DR(ZM)ZY(SR)YV4x2R/125 0,36FA 6x0,22HRLG.

### 3. КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ КАБЕЛЯ

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

Последние конструкции волоконно – оптических кабелей в основном имеют сердечники двух модификаций – повивной скрутки и одномодульные.

В том и другом случае основу кабеля составляют так называемые модули.

Модули представляют собой пластмассовую трубку (чаще всего из термопластика), служащую для защиты световодов от механических воздействий, воздействий от влаги и др. Обычно внутри модуля размещается от 1 до 12 оптических волокон (ОВ). Если модуль содержит 1 ОВ, то он называется одноволоконным, если несколько – многоволоконным. Модули заполнены гидрофобной массой.

Рассмотрим методику конструктивного расчета кабеля, имеющего повивную конструкцию сердечника.

Модули скручены повивом вокруг центрального силового элемента, образуя сердечник кабеля.

Диаметр сердечника в данном случае определяется как:

$$d_{\text{срд}} = d_{\text{ср}} + 2d_{\text{цс}} \quad \text{мм}, \quad (3.1)$$

где

$d_{\text{ср}}$  – диаметр сердечника кабеля, мм;

$d_{\text{цс}}$  – диаметр центрального силового элемента, мм.

Межмодульное пространство сердечника также заполнено гидрофобной массой.

Заканчивается конструкция сердечника кабеля поясной изоляцией.

Диаметр по поясной изоляции рассчитывается по формуле:

$$d_{\text{пш}} = d_{\text{срд}} + 2t_{\text{пш}} \quad \text{мм}, \quad (3.2)$$

где

$d_{\text{пш}}$  – диаметр по поясной изоляции, мм;

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

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

Диаметр по внутренней оболочке:

$$d_{\text{вн.о}} = d_{\text{пш}} + 2t_{\text{вн.о}} \quad \text{мм}, \quad (3.3)$$



где

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

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

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

Диаметр по подушке определяется следующим образом:

$$d_{\text{под}} = d_{\text{вн.о}} + 2t_{\text{под}}, \quad \text{мм}, \quad (3.4)$$

где

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

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

Диаметр по металлической оболочке:

$$d_{\text{бр}} = d_{\text{под}} + 2t_{\text{бр}}, \quad \text{мм}, \quad (3.5)$$

где

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

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

Металлическая оболочка сверху защищена внешней оболочкой из полиэтилена.

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

$$d_{\text{в.о}} = d_{\text{бр}} + 2t_{\text{в.о}}, \quad \text{мм}, \quad (3.6)$$

где

$d_{\text{в.о}}$  — диаметр по внешней оболочке, мм;

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

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

## 4. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТРАССЫ МАГИСТРАЛИ

Трасса прохождения ВОИС определяется расположением конечных пунктов. При выборе трассы необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Трасса должна иметь минимальную протяженность (наикратчайшее расстояние между заданными пунктами);

2. На пути прохождения трассы должно быть минимальное число естественных и искусственных препятствий (усложняющих и удорожающих строительство);

3. Трасса должна проходить через населенные пункты с целью обеспечения их связи;

4. За пределами населенных пунктов трасса должна проходить вдоль шоссе и дорог, при отсутствии автодорог — вдоль железных дорог;

5. Трасса должна проходить вдали от силовых электромагнитных полей, создаваемых ЛЭП, ЭМД, радиостанций;

6. При пересечении водных преград необходимо выбирать в тех местах, где река имеет наименьшую ширину, нет скальных и каменных граней, обрывистых берегов и заболоченных мест.

Необходимо рассмотреть несколько вариантов прохождения трассы (два варианта) и произвести их сравнение по следующим критериям:

- протяженность трассы;
- число пересечений с водными преградами, линиями железных дорог, крупными шоссе иными автодорогами (число таких пересечений должно быть как можно меньше);

- число населенных пунктов с транзитным электроснабжением вдоль трассы (в таких пунктах возможна организация распределительных пунктов).

Результаты сравнительного анализа можно оформить в виде таблицы (пример таблицы указан ниже, таб. 4.1).

В другом случае необходимо привести выкопировку из карты нескольких вариантов трассы с указанием населенных пунктов, вдоль которых проходит магистраль, а также автодорог и железных дорог, проходящих вдоль и пересечающих трассу водных преград.

На основе анализа выбирается оптимальный вариант трассы наиболее соответствующий всем указанным требованиям.

Таблица 4.1

Номер варианта	Населенные пункты, через которые проходит магистраль	Длина трассы, км	Количество пересечений с		
			ЛЭП	ж/д	Рек
1					
2					

## 5. РАСЧЕТ ЗАТУХАНИЯ И ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СВЕТОВОДА

Регенерационный участок по своему составу является неоднородным. Имеется в виду то обстоятельство, что в помещениях телефонных станций прокладывается станционный кабель, а за пределами - линейный.

Затухание регенерационной секции не должно превышать значения:

$$a \leq \text{ЭП} - \text{Э}, \text{ дБ}, \quad (5.1)$$

где ЭП - энергетический потенциал системы передачи, дБ;  
Э - энергетический эксплуатационный запас  
(обычно принимается равным 6 дБ).

Таким образом, затухание регенерационной секции можно рассчитать по формуле:

$$a = \alpha_{с.к.} \cdot l_{с.к.} + \alpha_{л.к.} \cdot l_{л.к.} + \alpha_{р.с.} \cdot N_{р.с.} + \alpha_{н.с.} \cdot N_{н.с.}, \text{ дБ}, \quad (5.2)$$

где  $\alpha_{с.к.}$  - коэффициент затухания волокна станционного кабеля, дБ/км;  
 $l_{с.к.}$  - длина станционного кабеля, км;  
 $\alpha_{л.к.}$  - коэффициент затухания волокна линейного кабеля, дБ/км;  
 $l_{л.к.}$  - длина линейного кабеля, км;  
 $\alpha_{р.с.}$  - потери на одном разъемном соединении  
(обычно не превышают 0,5 дБ);  
 $N_{р.с.}$  - количество разъемных соединений;  
 $\alpha_{н.с.}$  - потери на одном неразъемном соединении  
( $\alpha_{н.с.}$  порядка 0,1 дБ);  
 $N_{н.с.}$  - количество неразъемных соединений.

Количество разъемных соединений обычно принимается равным 2 - в местах подключения к аппаратуре. Число неразъемных соединений определяется:

$$N_{н.с.} = (l_{л.к.} - l_{с.к.}) / l, \text{ соед.}, \quad (5.3)$$

где  $l_{л.к.}$  - длина линейного кабеля, км;  
 $l_{с.к.}$  - строительная длина кабеля, км.

В свою очередь, коэффициент затухания волокна линейного кабеля можно рассчитать по формуле:

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_p, \text{ дБ/км}, \quad (5.4)$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент затухания за счет потерь на поглощение, дБ/км;  
 $\alpha_p$  - коэффициент затухания за счет потерь на рассеяние, дБ/км.

Коэффициент затухания за счет потерь энергии на поглощение можно рассчитать по формуле:

$$\alpha_n = 8.69 (\pi n_1 / \lambda) \operatorname{tg} \sigma \cdot 10^3, \text{ дБ/км}, \quad (5.5)$$

где  $n_1$  - показатель преломления сердцевины световода;  
 $\lambda$  - длина волны оптического излучения, мкм;  
 $\operatorname{tg} \sigma$  - тангенс угла диэлектрических потерь.

Коэффициент затухания за счет потерь энергии на рассеяние определяется:

$$\alpha_p = k_p / \lambda^4, \text{ дБ/км}, \quad (5.6)$$

где  $k_p$  - коэффициент рассеяния  
(для кварца  $k_p = 0,8 \text{ мкм}^4 \cdot \text{дБ/км}$ ).

Групповая способность световода определяется по формуле:

$$\Delta F = 1 / \tau, \text{ МГц} \cdot \text{км}, \quad (5.7)$$

где  $\tau$  - хроматическая дисперсия световода, с/км.

Хроматическая дисперсия световода обычно определяется:

$$\tau = \tau_{\text{мат}} + \tau_{\text{об}}, \text{ с}, \quad (5.8)$$

где  $\tau_{\text{мат}}$  - материальная дисперсия, с;  
 $\tau_{\text{об}}$  - волноводная дисперсия, с.

Материальная дисперсия рассчитывается:

$$\tau_{\text{мат}} = (\Delta \lambda / \lambda) (\lambda^2 / c) (\partial^2 n_1 / \partial \lambda^2) l, \text{ с} \quad (5.9)$$

Волноводная дисперсия:

$$\tau_{\text{об}} = (\Delta\lambda / \lambda) \cdot (2n_1 (n_1 - n_2) / C) l, \text{ с}, \quad (5.10)$$

где  $\partial n_1 / \partial \lambda$  - производная  $n_1$  по длине волны;

$n_1$  - показатель преломления сердцевинны волокна;

$n_2$  - показатель преломления оболочки волокна;

$l$  - длина световода, км;

$C$  - скорость света, км/с;

$\lambda$  - длина волны оптического излучения, мкм;

$\Delta\lambda$  - ширина спектральной линии источника излучения, мкм.

Материальную  $\tau_{\text{мат}}$  и волноводную  $\tau_{\text{вв}}$  дисперсии можно определить и приближенным методом (смотри учебное пособие).

## 6. РАСЧЕТ ДЛИНЫ РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ СЕКЦИИ. РАЗБИВКА ТРАССЫ НА СЕКЦИИ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ

Маршрут ЦСП синхронной цифровой иерархии состоит из регенерационных и мультиплексных секций.

Длина регенерационной секции определяется затуханием и пропускной способностью световодов.

Поэтому производится расчет длины регенерационной секции по каждому из указанных параметров отдельно, а затем берется из них наименьшее значение.

Целью расчета длины регенерационной секции от указанных параметров является выявление зависимостей  $a=F(l_{p.c.})$  и  $\Delta F=F(l_{p.c.})$ .

Зависимость  $a=F(l_{p.c.})$  просчитывается по формуле (5.1) и строится график, изображенный на рис. 6.1а.

Зависимость пропускной способности световода от длины регенерационной секции выражается:

$$\Delta F(l_{p.c.}) = \Delta F_1 \cdot \sqrt{(l_1 / l_{p.c.})}, \quad \text{МГц}, \quad (6.1)$$

где  $\Delta F_1$  - пропускная способность световода длиной 1 км;

$l_1$  - длина световода 1 км;

$l_{p.c.}$  - длина регенерационной секции, км.

По данным расчетов строится график зависимости  $\Delta F=F(l_{p.c.})$ , изображенный на рис. 6.1б.

На графике  $\alpha = F(f_{\text{ра}})$  по вертикальной оси откладывается значение энергетического потенциала системы передачи, уменьшенное на 6 дБ, то есть ЭП-Э. Делается сноска по графику на горизонтальную ось и определяется  $l_{\text{ра,Э}}$ .

На графике  $\Delta F = F(f_{\text{ра}})$  по вертикальной оси откладывается значение тактовой частоты системы передачи  $F_{\text{так}}$ . Аналогично делается сноска по графику на горизонтальную ось и определяется  $l_{\text{ра,дл}}$ .

Из полученных значений  $l_{\text{ра,Э}}$  и  $l_{\text{ра,дл}}$  берется меньшее в качестве длины регенерационной секции  $l_{\text{р}}$ .

После этого производится разбиение трассы вначале на секции мультиплексирования, а затем на секции регенерации. Мультиплексоры ввода/вывода цифровых потоков устанавливаются обычно в крупных узловых центрах на протяжении магистрали. Расстояние между мультиплексорами ввода/вывода, называемое секцией мультиплексирования, разбивается на регенерационные секции длиной  $l_{\text{р}}$ .

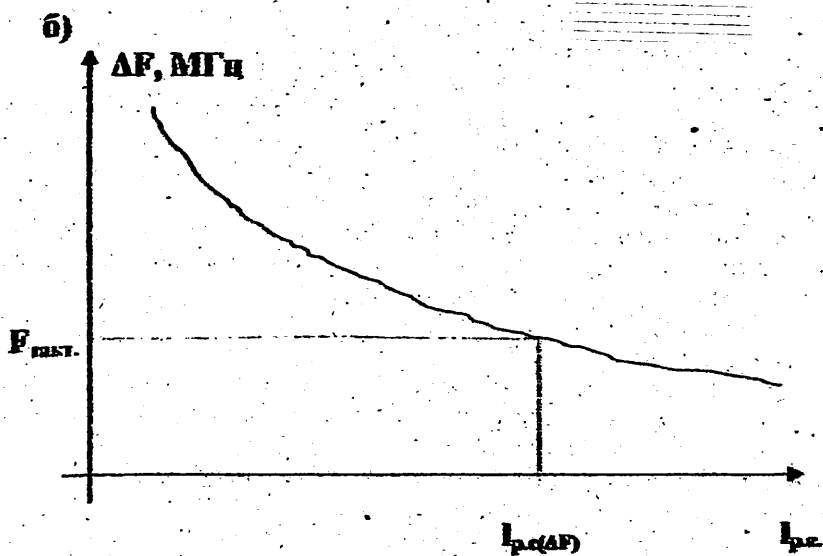
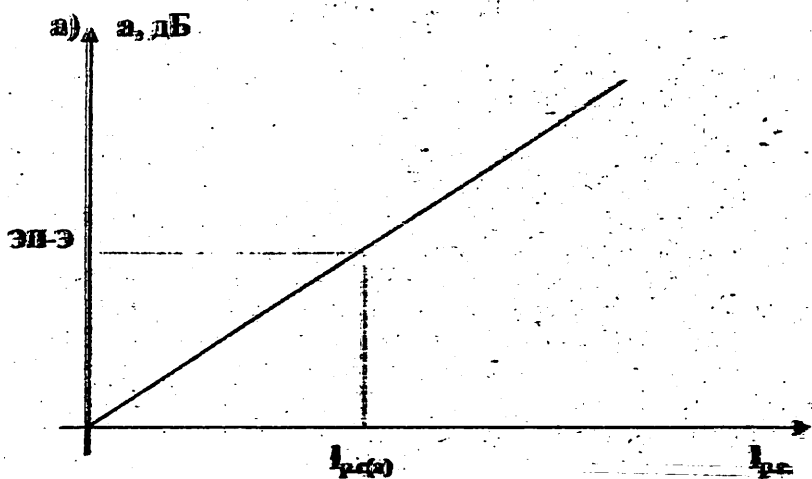


Рис. 6.1. Графики зависимости  $a=F(I_{p.c})$  и  $\Delta F=F(I_{p.c})$

## 7. ОРГАНИЗАЦИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ПИТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Электропитание оборудования осуществляется несколькими способами:

1. Использование металлических пар проводов в конструкции волоконно-оптического кабеля.

2. Местное электропитание от электросети с резервированием от дизельных генераторов или аккумуляторных батарей.

3. Использование различных типов автономных источников питания, таких как термогенераторные, атомные, солнечные и ветровые.

Первый способ подачи дистанционного питания (ДП) является малоэффективным, так как он не избавляет от расхода цветных металлов. Кроме того, значительные потери энергии в линии из-за больших расстояний, требуют использования мощных источников энергии. Необходимо также отметить, что даже сокращенный расход цветного металла (например алюминий) с диаметром жилы 1 мм на расстояние 10 км, вес оптического кабеля возрастает на 48 кг, кроме того для снижения влияния на цепи ДП внешних электромагнитных полей, уменьшения потерь мощности в металле, экранирования жил цепи ДП, потребуются дополнительные расходы.

Второй способ подачи питания на оборудование является самым надежным, но учитывая, что магистрали связи могут проходить через степные и горные районы (особенно в среднеазиатском регионе), где ограничен или даже отсутствует доступ к электросети, этот способ не целесообразен. Для строительства ЛЭП на большие расстояния, требуются огромные капитальные вложения, что экономически невыгодно.

В последнее время ОК изготавливают без металлических жил. Появление таких кабелей создало предпосылку для разработки экономичных автономных источников электроэнергии для питания оборудования.

Принимая во внимание специфические особенности среднеазиатского региона (большое количество солнечных дней, продолжительность солнечного сияния и повышенная солнечная радиация) в качестве источника питания целесообразно использовать солнечные источники электроэнергии (СИЭ).

Солнечные источники электроэнергии являются экологически чистыми и имеют малую себестоимость.

Солнечная энергия может быть непосредственно превращена в электрическую с помощью фотопреобразователей (ФП) двух типов: фотоэлектрические, реализующие фотовольтовый эффект, и фотоэмиссионные, где материал, облученный солнечным светом,



выпускает электроны, которые захватываются проводниками, расположенными над поверхностью эмиттера.

Практическое применение нашел новый способ в следствии его значительной, более высокой энергетической эффективности. ФП солнечного излучения (солнечные элементы), объединенные в солнечные батареи, широко используются на космических аппаратах. Достигнутые уровни гелиотехники позволяют создать автономные СИЭ на любую мощность.

Необходимо учесть, что в ночное время суток, также в пасмурные дни необходимо резервное питание аппаратуры. Для выбора оптимальной схемы подключения солнечной установки - резервного источника питания, рассмотрим несколько вариантов схем.

Первый вариант:

Схема параллельного включения солнечной батареи (СБ) и аккумуляторной батареи (АБ) (рис. 7.1).

В схеме диод (Д) исключает разряд АБ на фотоэлементы (внутреннее сопротивление диода велико), в периоды когда напряжение СБ ниже напряжения АБ. Эта схема при необходимости комплектуется инвертором для повышения напряжения постоянного тока.

Второй вариант:

Схема с резервным термогенератором (рис. 7.2).

Термогенераторы (ТЭГ) в данной схеме являются резервными источниками питания и комплектуются приборами для автоматического включений и выключения ТЭГ вспомогательными и топливными оборудованиями. Преимуществом схемы является надежность гарантированного электропитания аппаратуры связи.

Третий вариант:

Схема с резервным электрохимическим элементом (ЭХЭ) (рис. 7.3).

Устройство с СБ, АБ и первичным ЭХЭ "Лиман" отличается от предыдущей схемы простотой исполнения и обслуживания. Применение ЭХЭ позволяет уменьшить мощность СБ и емкость АБ. Недостатком является то, что сухозаряженные батареи ЭХЭ не повержены подзарядке и используются до полного разряда емкости.

Анализируя рассмотренные варианты и учитывая возможные изменения энергопоступления на поверхность ФП, можно сделать вывод, что экономически выгодным вариантом для совместной работы СБ и АБ является первый вариант. Здесь энергопитание аппаратуры осуществляется батареями, находящейся в режиме постоянной подзарядки от СБ (буферный режим).

Появление новых эффективных преобразователей солнечной энергии в электрическую создало предпосылки для разработки экономичных автономных источников питания. Эта задача наиболее актуальна для районов Средней Азии и Казахстана, отличающихся большим периодом солнечной активности.

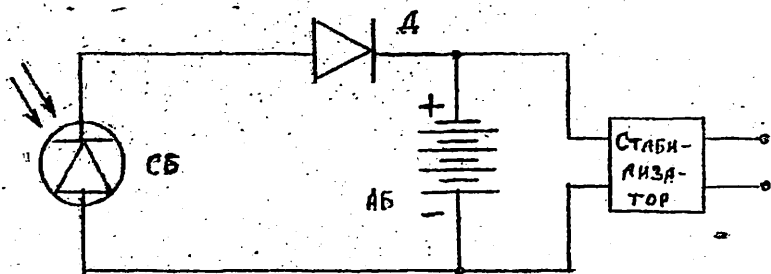


Рис. 7.1. Схема параллельного включения солнечной и аккумуляторной батареек

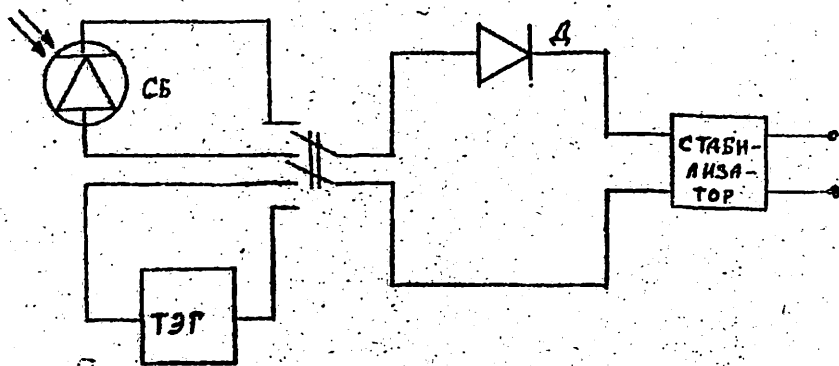


Рис. 7.2. Схема с резервным термогенератором

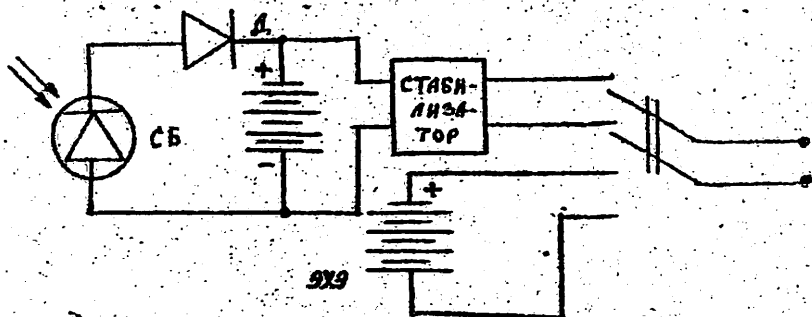


Рис. 7.3. Схема с резервным электрохимическим элементом

КУТІВХОНА  
ТЕАІ

ЧИТАЛЬНИЙ ЗАЛ

Для решения этой задачи необходимо создать СИЭ, способный обеспечить бесперебойное электропитание аппаратуры связи, эксплуатируемой в труднодоступных районах Средней Азии. Рассматриваемый СИЭ включает в себя узел преобразования энергии на основе фотоэлементов, узел аккумуляирования энергии, систему слежения и ориентации преобразователей в пространстве.

Обзор работ по применению солнечного энергомодуля показывает, что для обоснованного применения его в системах связи необходимо решить следующие задачи:

- разработка методов определения мощности СИЭ в условиях Средней Азии;
- соответствие с электрическими параметрами аппаратуры связи;
- определение характера (режима) работы солнечного энергомодуля по результатам статистической обработки суточных, месячных, сезонных изменений солнечной радиации.

Создание СИЭ для объектов связи проводится на основе кремниевых ФП, имеющих КПД порядка 9-14%.

Результаты многолетних наблюдений (1980-1990) метеорологических данных показывают, что среднесуточная продолжительность солнечного сияния в летний период равна 10 часам, а число пасмурных дней в месяце - 3; в зимний период эти данные соответственно - 6 часов и 10 дней. Таким образом, с марта по октябрь солнечная установка в течение 10 часов в сутки будет обеспечивать электроэнергией оборудование, а в остальное время суток питание будет осуществляться от аккумуляторных батарей.

Создание СИЭ и его эксплуатация связаны с решением ряда сложных задач, главные из которых - создание надежных и стабильно работающих его узлов, ориентация ФП на солнце, чистка поверхности ФП, обогрев защитной поверхности солнечных батарей в периоды обледенения, создание блока датчиков, служащего для сбора информации о техническом состоянии узлов СИЭ. На рис. 7.4 приведена структурная схема источника электроэнергии.

С целью уменьшения площади солнечной установки, целесообразно снабдить СИЭ двухосной системой ориентации фотопреобразователей на солнце по азимуту и по меридиану. Принципиальная схема управления приведена на рис. 7.5.

Схема работает следующим образом: при разной освещенности ФП (при затемнении одного из них VD1 или VD2) мост разбалансируется, и на диагонали этого моста появится некоторый потенциал определенной полярности. Так как схема управления состоит из двух реле, то от положительной полярности работает верхнее плечо, а от отрицательной - нижнее. При возникновении положительного (отрицательного) потенциала откроется транзистор VT1 (VT2), начиная

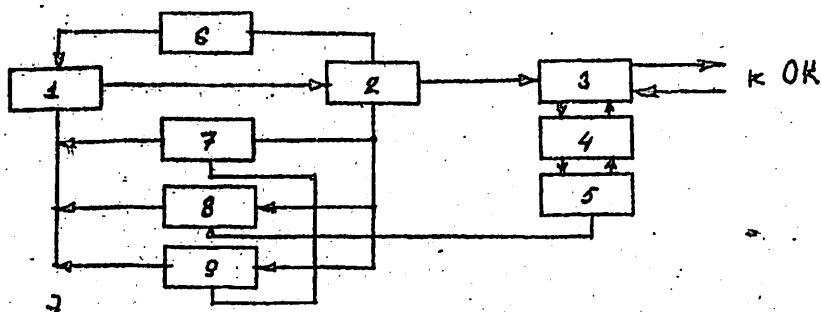


Рис. 7.4. Структурная схема источника электропитания:

1 - солнечная батарея; 2 - аккумуляторная батарея; 3 - аппаратура НРП; 4 - устройство ТК и ТУ; 5 - блок управления сервисными устройствами (обогрев и чистка); 6 - устройство автоматики; 7 - устройство слежения за ходом солнца; 8 - устройство чистки поверхности солнечной батареи; 9 - устройство обогрева поверхности ФП.

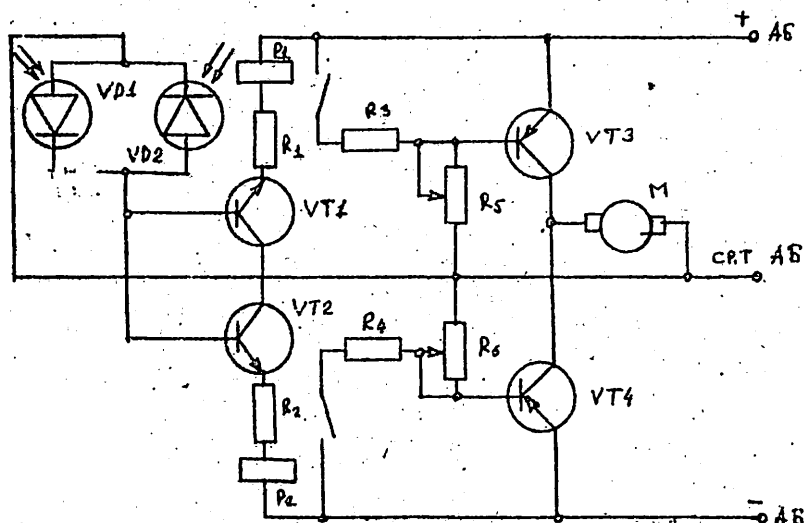


Рис. 7.5. Принципиальная схема управления ориентацией СБ на солнце

пропускать ток по направлению плюс (минус) АБ, коллекторно-эмиттерный переход транзистора VT1 (VT2) на среднюю точку АБ.

При протекании тока через обмотку реле P1 (P2), замыкаются его контакты, что приводит к приложению положительного (отрицательного) потенциала к базе VT3 (VT4). Транзистор VT3 (VT4) закрывается по направлению плюс АБ, коллекторно-эмиттерный переход транзистора VT3 (VT4), двигатель, средняя точка АБ. Двигатель начинает работать в одну (обратную) сторону вращая при этом ведущее колесо установки по горизонтали (вертикали).

Учитывая, что здесь применяется принцип независимого двухкоординатного слежения за солнцем, структурную схему устройства автоматической ориентации можно представить в виде схемы, приведенной на рис.7.6.

Схемы управления по азимуту и по меридиану идентичны схеме на рис.7.5. Два двигателя связаны через механизм передачи с главными шестернями, установленными на оси ориентации солнечной установки.

Датчики положения солнца и возврата сделаны из кремниевых ФД. Данные о положении солнца поступают на блок управления в виде токов от датчиков освещенности. Датчики освещенности устанавливаются в затененной части солнечной установки.

Общий вид автономного солнечного источника электроэнергии для гарантированного питания оборудования приведен на рис.7.7.

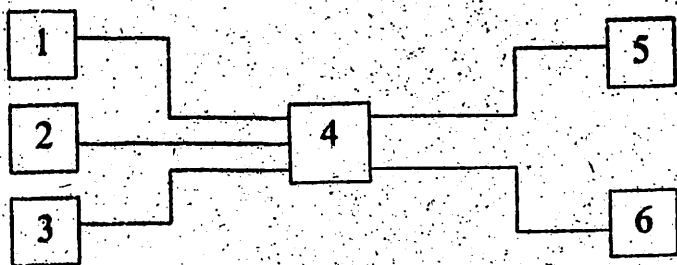


Рис. 7.6. Структурная схема устройства автоматической ориентации:

- 1 - датчик возврата СБ в исходное положение;
- 2 - датчик положения солнца на азимут;
- 3 - датчик положения солнца по меридиану;
- 4 - блок управления механизма слежения;
- 5 - двигатель ориентации СБ по азимуту;
- 6 - двигатель ориентации СБ по меридиану.

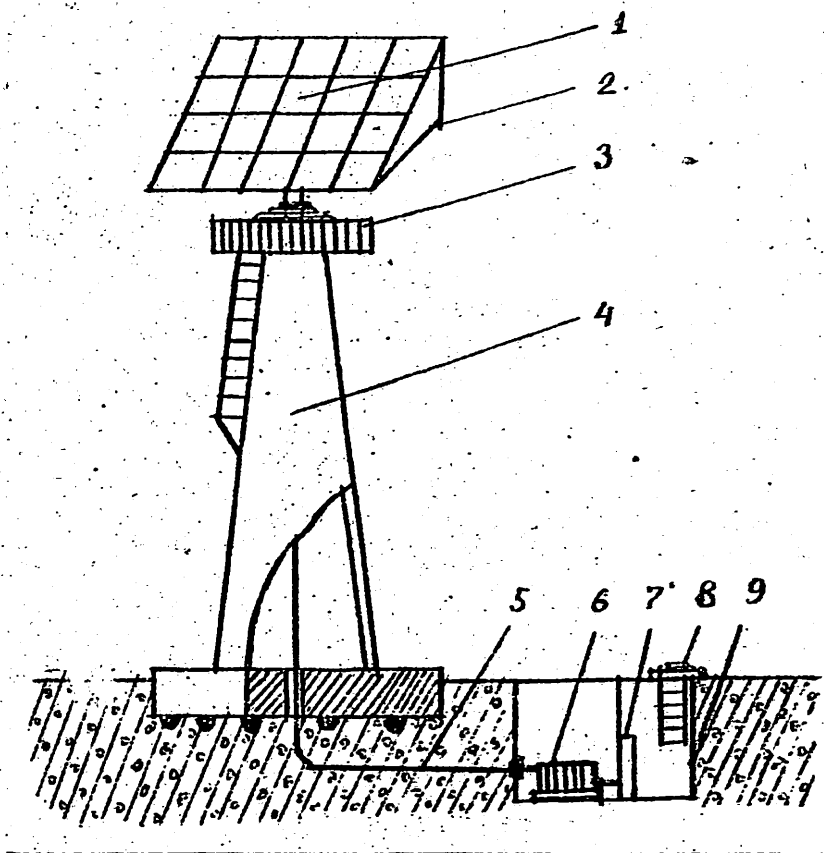


Рис. 7.7. Автономный солнечный источник электроэнергии:  
 1 - солнечная установка; 2 - система ориентации;  
 3 - ремонтная площадка; 4 - опорная мачта;  
 5 - кабель силовой; 6 - аккумуляторная батарея;  
 7 - аппаратура связи; 8 - люк для спуска;  
 9 - бункер-колодец.

## 8. СТРОИТЕЛЬСТВО ВОЛС

Перед началом строительных операций важнейшей задачей, необходимой для выполнения монтажных работ является поставка оборудования:

1. Поставка оборудования и приспособлений для протягивания и прокладки кабеля.
2. Поставка оптического линейного кабеля.
3. Поставка стационарной измерительной аппаратуры, сварочной техники.
4. Поставка стационарного оптического кабеля.
5. Поставка соединительных муфт.

Параллельно с поставкой оборудования производится реконструкция трассы. В конце этих работ составляется акт.

Согласно правилам строительства ВОЛС линейный и стационарный кабели подлежат входному контролю, о чем составляется соответствующий акт.

Проверенный линейный кабель доставляется к месту прокладки. Далее производится протягивание линейного кабеля в канализации (в чертах городов и населенных пунктов) и прокладки кабеля в грунт (за пределами населенных пунктов), а также контроль параметров после прокладки, перед монтажом соединительных муфт. Монтаж соединительных муфт производится под оптическим контролем с помощью рефлектометра. После монтажа муфт измерение затухания смонтированной ВОЛС производится вновь.

Стационарный кабель после входного контроля прокладывается и у него измеряется затухание.

Далее производится монтаж линейного и стационарного кабеля с помощью разъемных соединительных муфт установленных на специальной стойке. После монтажа проводятся измерения затухания оптической линии в целом.

Смонтированная линия готова для подключения к стационарному оборудованию. При этом следует иметь в виду, что стационарный кабель, проводящий внутри помещения, не должен иметь большого количества изгибов.

### 8.1. Входной контроль кабеля

При строительстве ВОЛС производится входной контроль строительных длин кабеля, готовящихся к прокладке. У оптических волокон обычно контролируется только затухание.

После вскрытия обшивки барабана следует проверить следующее:

1. Наличие заводского паспорта.

2. Соответствие маркировки, указанной на барабане и в паспорте.
3. Внешнее состояние кабеля на отсутствие вмятин, порезов, пережимов, перекруток.
4. В паспорте должна быть указана длина кабеля и коэффициент затухания оптических волокон.

## 8.2. Прокладка кабеля

Прокладку оптического кабеля следует производить при температуре окружающего воздуха не ниже минус 10 °С.

На внутрилинейных сетях оптический кабель прокладывается в грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, в воде при пересечении неглубоких болот, несудоходных и неплавных рек со спокойным течением (с обязательным заглублением), в кабельной канализации, отдельных трубопроводах, блоках, шахтах и коллекторах.

Прокладка кабеля в грунт осуществляется ручным способом в открытую траншею или бестраншейным способом с применением ножевых кабелеукладчиков. Способы прокладки оптического кабеля через болота и реки должны определяться отдельными проектными решениями.

В зависимости от места и способа прокладки оптического кабеля выполняются следующие виды работ:

- разбивка трассы;
- транспортирование барабанов с кабелем к месту прокладки и вывод пустых барабанов;
- прокладка трубопроводов на пересечениях с железными и шоссейными дорогами;
- размотка и прокладка кабеля в открытую траншею;
- прокладка кабеля в грунт кабелеукладчиком;
- засыпка траншей;
- прокладка кабеля на пересечениях с железными и шоссейными дорогами;
- подготовка устройств и приспособлений для прокладки кабеля в кабельной канализации;
- подготовка кабельной канализации;
- прокладка кабеля в кабельной канализации;
- фиксация трассы проложенного кабеля и корректировки рабочих чертежей.

Размотка кабеля при прокладке его в открытую траншею должна, как правило, производиться с применением механизмов. Ручной способ размотки применяют, если на трассе есть препятствия, исключаящие их применение.

Если позволяют условия трассы, размотку и прокладку кабеля производят с барабана, установленного в специальном кузове автомашины.



или на кабельном транспорте, передвигающемся по трассе вдоль траншеи. Кабель в этом случае опускается сразу в траншею или на ее бровку. Скорость движения автомашины не должна превышать 1 км/ч. Расстояние от колес до края траншеи не должно быть менее 1,25 глубины траншеи.

Если рельеф местности и дорожные условия не позволяют использовать технику, то прокладка производится с выноской вручную. всей строительной длины вдоль траншеи и последующем опускании кабеля в траншею. В этом случае барабан с кабелем устанавливается в начале прокладки на неподвижном транспорте или козлах. При прокладке расстояние между соседними рабочими должно быть таким, чтобы кабель при выноске не волочился по земле.

Во всех случаях при сматывании кабеля барабан должен вращаться равномерно и принудительно руками рабочих, а не тягой кабеля. Скорость вращения барабана должна постоянно согласовываться со скоростью прокладки кабеля по трассе.

Прокладку кабеля бестраншейным способом производят ножевыми кабелеукладчиками, рабочие органы которого обеспечивают требуемый радиус изгиба кабеля при выходе из кассеты и исключают его повреждение в процессе прокладки. Прокладку рекомендуется производить под постоянным оптическим контролем, особенно на участках с неровной местностью. В этом случае оптические волокна кабеля соединяют между собой шлейфом в одно волокно. Контроль ведут с конца кабеля «А». На первое по счету волокно подключают оптический генератор, на четвертое - измеритель поглощающей мощности.

Для прокладки внутренняя часть кассеты должна быть очищена от сварных швов, заусенец, острых кромок и других выступов, которые могут повредить оболочку кабеля. Кассету, применяемую для прокладки других кабелей, не рекомендуется применять для прокладки волоконно-оптического кабеля.

При прокладке кабеля следует через каждые 5-6 км осматривать внутреннюю часть кассеты и по мере необходимости очищать ее. При прокладке кабеля должно быть обеспечено равномерное вращение барабана. Обслуживающий персонал должен занимать строго отведенные места, следя за правильностью прохождения кабеля, его натяжением и стабильностью глубины прокладки. В месте окончания одной строительной длины и начала другой отрывают котлован 3000x2000x1200 мм. Конец проложенного кабеля должна быть 8 м. С другой стороны котлована заряжают в кассету конец следующей строительной длины кабеля, оставляя ту же длину - 8 м. Оставшиеся в котловане концы кабеля должны быть защищены полиэтиленовыми колпачками.

2. Соответствие маркировки, указанной на барабане и в паспорте.
3. Внешнее состояние кабеля на отсутствие вмятин, порезов, пережимов, перекруток.
4. В паспорте должна быть указана длина кабеля и коэффициент затухания оптических волокон.

## 8.2. Прокладка кабеля

Прокладку оптического кабеля следует производить при температуре окружающего воздуха не ниже минус  $10^{\circ}\text{C}$ .

На внутризоновых сетях оптический кабель прокладывается в грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, в воде при пересечении неглубоких болот, несудоходных и неплавных рек со спокойным течением (с обязательным заглублением), в кабельной канализации, отдельных трубопроводах, блоках, шахтах и коллекторах.

Прокладка кабеля в грунт осуществляется ручным способом в открытую траншею или бестраншейным способом с применением ножевых кабелеукладчиков. Способы прокладки оптического кабеля через болота и реки должны определяться отдельными проектными решениями.

В зависимости от места и способа прокладки оптического кабеля выполняются следующие виды работ:

- разбивка трассы;
- транспортирование барабанов с кабелем к месту прокладки и вывод пустых барабанов;
- прокладка трубопроводов на пересечениях с железными и шоссейными дорогами;
- размотка и прокладка кабеля в открытую траншею;
- прокладка кабеля в грунт кабелеукладчиком;
- засыпка траншей;
- прокладка кабеля на пересечениях с железными и шоссейными дорогами;
- подготовка устройств и приспособлений для прокладки кабеля в кабельной канализации;
- подготовка кабельной канализации;
- прокладка кабеля в кабельной канализации;
- фиксация трассы проложенного кабеля и корректировки рабочих чертежей.

Размотка кабеля при прокладке его в открытую траншею должна, как правило, производиться с применением механизмов. Ручной способ размотки применяют, если на трассе есть препятствия, исключающие их применение.

Если позволяют условия трассы, размотку и прокладку кабеля производят с барабана, установленного в специальном кузове автомашини

или на кабельном транспорте, передвигающемся по трассе вдоль траншеи. Кабель в этом случае опускается сразу в траншею или на ее бровку. Скорость движения автомашины не должна превышать 1 км/ч. Расстояние от колес до края траншеи не должно быть менее 1,25 глубины траншеи.

Если рельеф местности и дорожные условия не позволяют использовать технику, то прокладка производится с выноской вручную всей строительной длины вдоль траншеи и последующем опускании кабеля в траншею. В этом случае барабан с кабелем устанавливают в начале прокладки на неподвижном транспорте или козлах. При прокладке расстояние между соседними рабочими должно быть таким, чтобы кабель при выноске не волочился по земле.

Во всех случаях при сматывании кабеля барабан должен вращаться равномерно и принудительно руками рабочих, а не тягой кабеля. Скорость вращения барабана должна постоянно согласовываться со скоростью прокладки кабеля по трассе.

Прокладку кабеля бестраншейным способом производят ножевыми кабелеукладчиками, рабочие органы которого обеспечивают требуемый радиус изгиба кабеля при выходе из кассеты и исключают его повреждение в процессе прокладки. Прокладку рекомендуется производить под постоянным оптическим контролем, особенно на участках с неровной местностью. В этом случае оптические волокна кабеля соединяют между собой шлейфом в одно волокно. Контроль ведут с конца кабеля «А». На первое по счету волокно подключают оптический генератор, на четвертое - измеритель поглощающей мощности.

Для прокладки внутренняя часть кассеты должна быть очищена от сварных швов, заусенец, острых кромок и других выступов, которые могут повредить оболочку кабеля. Кассету, применяемую для прокладки других кабелей, не рекомендуется применять для прокладки волоконно-оптического кабеля.

При прокладке кабеля следует через каждые 5-6 км осматривать внутреннюю часть кассеты и по мере необходимости очищать ее. При прокладке кабеля должно быть обеспечено равномерное вращение барабана. Обслуживающий персонал должен занимать строго отведенные места, следя за правильностью прохождения кабеля, его натяжением и стабильностью глубины прокладки. В месте окончания одной строительной длины и начала другой отрывают котлован 3000x2000x1200 мм. Конец проложенного кабеля должна быть 8м. С другой стороны котлована заряжают в кассету конец следующей строительной длины кабеля, оставляя ту же длину - 8 м. Оставшиеся в котловане концы кабеля должны быть защищены полиэтиленовыми колпачками.

### 8.3. Монтаж муфт

Технологический процесс монтажа муфты содержит следующие операции:

1. Подготовка сварочного распределителя.
2. Разделка концов кабеля.
3. Подготовка волокон к сварке.
4. Закрепление концов кабелей в муфте.
5. Закрепление модулей кабеля в кассете.
6. Сварка волокон.
7. Закрепление кассет, выкладка модулей, закрытие сварочного блока.
8. Закрытие блока.

Монтаж муфты начинается с подготовки сварочной кассеты, а именно установки в ней распределителя. Затем производят разделку концов кабеля. Концы кабеля предварительно очищаются. Отмечается место среза внешней полиэтиленовой оболочки, делается ножом поперечный надрез, затем два продольных. Полиэтиленовая оболочка прогревается термоустройством и снимается. Гофрированная оболочка из стали, очищается от компаунда, делается круговой надрез в отмеченном месте, оболочка слегка прогревается и разворачивается по шву, после чего удаляется. Слой арамидной пряжи также укорачивается до 200 мм. Модули разглаживаются потоком горячего воздуха от термоустройства на длине порядка 550 мм. После чего модули измеряются, в соответствии с принятой методикой счета начиная с красного, являющегося контрольным. Далее укорачивается центральный силовой элемент  $g$  300 мм. Если кабель имеет гофрированную стальную оболочку, пристегивание его к плате с иголками осуществляется с помощью зажима для шланга. Зажимная скоба, находящаяся в блоке для размещения кассет, слегка освобождается. Жгут из арамидной пряжи вместе с центральным элементом продергивается снизу сквозь отверстие в зажимной скобе. Скоба с шайбой кладется на жгут. В отверстие вставляется болт и при натянутом жгуте заворачивается. После этого жгут отгибается к основной части кабеля.

Затем отмечается место снятия оболочки модуля. Резаком делается круговой надрез на оболочке модуля, после чего он аккуратно надламывается и утягивается. Такая операция производится со всеми модулями. Если в модуле одно волокно, то номер наклеивается на модуль, а если несколько, то нумеруется каждое волокно отдельно.

Закрепление модулей кабеля в кассете производится следующим образом. Конец модуля обворачивается липкой лентой. Обернутой полоской ленты, модуль вставляется в кассету и пристегивается с помощью защелок. Волокна в кассете укладываются в три оборота при максимальном радиусе изгиба.

Сварка волокон осуществляется в следующей последовательности. Кассета укладывается на верхнюю панель сварочного автомата и

закрепляется болтами. Модуль закрепляется в модуле держателя сварочного автомата. С помощью стриппера на данные волокна 40мм сдирается покрытие и оболочка волокна. Волокно очищается мягкой бумагой. С помощью резака сварочного автомата волокно скалывается под прямым углом и кладется в левый зажим автомата. Аналогичная операция производится с первым волокном с правой стороны автомата. В сварочном автомате производится сварка волокон. Сваренные волокна укладываются в желобе сварочного распределителя на первое место. Далее таким же образом складываются остальные волокна. Состыки сваренных волокон укладываются в соответствующие желобки распределителя и заливаются компаундом.

Закрытие сварочного блока в соединительной муфте производится следующим образом. Не поворачивая кассету, раскладываются модули или защитные трубки адаптера друг под другом, боковые концы при этом закрепляются на пересечении кабельной защелки. Без поворотов одновременно модулей, входящих в нее, кассета осторожно вводится в сварочный блок, петли из модулей поправляются. На сварочный блок накладывается крышка и он закрывается. Закрытие муфты производят так. На входе в муфту оболочка кабеля очищается, убирается шершавость. После чего склеивается компаундом и высушивается. Концы ленты закрепляются на оболочке, затем она наматывается до защелки, которой закреплен кабель в плате с шпалками. Проверяется диаметр обмотанной оболочки калибром. Сварочный блок осторожно кладется с кабелем в нижнюю половину муфты. Если в муфту заводится не четыре кабеля, а два, в корпусе муфты резервные отверстия для кабелей закрепляются втулками.

В желоб нижней половины муфты прокладывается шнур для герметизации. Распыляется осушитель и кладется на дно муфты. Крышки сварочного блока осторожно отгибаются, внутрь кладется верхняя половина муфты, прижимается. Вначале закручиваются болты на коротких сторонах муфты до середины ее половины. Зазор проверяется калибратором. После того закручиваются болты на длинных сторонах муфты. Качество закрытия муфты проверяется калибра тором. Болты заклеиваются лентой.

#### 3.4 Переходы через водные преграды

При прокладке волоконно-оптических кабелей через водные преграды в зависимости от местных условий выполняются подводными кабелями, а также кабелями прокладываемых по местам или подвешиваемых на опоры. Проектируя место перехода, учитывают как особые гидрогеологические и гидрометеорологические условия водной преграды, так и основные параметры характеризующие ВОЛС (надежность, стоимость, трудоемкость, удобство эксплуатации). Проектируя трассу

перехода через судоходные и сплавные реки, выполняют следующие основные требования: переход располагают в удалении от причалов, паромных переправ, головных сооружений, водозаборов, рыбопромысловых участков, участков сброса промышленных вод и добычи полезных ископаемых.

Кабели связи на переходах через водные преграды могут прокладываться бестраншейным способом и путем укладки кабеля в предварительно разработанные подводные траншеи.

Перед прокладкой кабеля кабелеукладчиком необходимо произвести двух трехразовую пропёрку дна реки в створе перехода пропорщиком. Прогон пропорщика осуществляется с помощью двух тросов и тракторных лебедок, установленных на противоположных берегах, или протаскиванием тракторами.

Способ прокладки кабелей и разработки траншей на кабельных переходах через горные реки зависит от строения ее русла и определяется проектом. Разработка траншей может быть выполнена средствами гидромеханизации с применением водолазного труда, экскаваторами и бульдозерами или «насухо» путем поочередного перекрытия русла и отвода воды. Этот способ считается более надежным и предлагается путем поочередного перекрытия русла и отвода воды углубить кабель на глубину до 6 м от верхнего слоя дна и на 1-2 метра от самого твердого слоя дна, а траншею засыпать каменистым или скальным грунтом, предварительно кабель засыпав песком толщиной 15-20 см.

### 8.5 Вводы кабеля в здания

Вводы кабелей в сетевые узлы, ОП, ОРП, здания АТС и АМТС, телеграфных станций и других предприятий связи осуществляется через специально оборудованные помещения ввода кабелей, которые называются шахтами. Шахты размещаются в подпольном помещении здания, а при отсутствии такового на первом этаже с устройством приемников в полу помещения.

Оптические линейные кабели на вводе в здания предприятий и сооружений связи соединяются со станционными кабелями с использованием устройств соединения станционного и линейного кабелей. Эти устройства установлены в специальной стойке ВК7R (Германия). Ввод линейного оптического кабеля в НРП также осуществляется с помощью этих же устройств размещенных на стойке.

Линейный оптический кабель поднимается из шахты прямо в ЛАЦ. В помещении ЛАЦ до вводных устройств линейный оптический кабель прокладывается по кабельростам.

Устройства стыка станционного и линейного кабеля имеют набор кассет, на которых закрепляются после сварки сросетки волокон. Чтобы

переходы через судоходные и сплавные реки, выполняют следующие основные требования: переход располагают в удалении от причалов, паромных переправ, голодных сооружений, водозаборов, рыбопромысловых участков, участков сброса промышленных вод и добычи полезных ископаемых.

Кабели связи на переходах через водные преграды могут прокладываться бестраншейным способом и путем укладки кабеля в предварительно разработанные подводные траншеи.

Перед прокладкой кабеля кабелеукладчиком необходимо произвести двух трехразовую пропорку дна реки в створе перехода пропорщиком. Прогон пропорщика осуществляется с помощью двух тросов и тракторных лебедок, установленных на противоположных берегах, или протаскиванием тракторами.

Способ прокладки кабелей и разработки траншей на кабельных переходах через горные реки зависит от строения ее русла и определяется проектом. Разработка траншей может быть выполнена средствами гидромеханизации с применением водолазного труда, экскаваторами и бульдозерами или «насухо» путем поочередного перекрытия русла и отвода воды. Этот способ считается более надежным и предлагается путем поочередного перекрытия русла и отвода воды углубить кабель на глубину до 6 м от верхнего слоя дна и на 1-2 метра от самого твердого слоя дна, а траншею засыпать каменистым или свальным грунтом, предварительно кабель засыпав песком толщиной 15-20 см.

### 8.5. Вводы кабеля в здания

Вводы кабелей в сетевые узлы, ОП, ОРП, здания АТС и АМТС, телеграфных станций и других предприятий связи осуществляется через специально оборудованные помещения ввода кабелей, которые называются шахтами. Шахты размещаются в полуподвальном помещении здания, а при отсутствии такового на первом этаже с устройством приемников в полу помещения.

Оптические линейные кабели на вводе в здания предприятий и сооружений связи соединяются со стационарными кабелями с использованием устройства соединения стационарного и линейного кабелей. Эти устройства установлены в специальной стойке ВВ7К (Германия). Ввод линейного оптического кабеля в НРПГ также осуществляется с помощью этих же устройств размещенных на стойке.

Линейный оптический кабель поднимается из шахты прямо в ЛАЦ. В помещении ЛАЦ до вводных устройств линейный оптический кабель прокладывается по кабельростам.

Устройства стыка стационарного и линейного кабеля имеют набор кассет, на которых закрепляются после сварки сростки волокон. Чтобы

было удобно при эксплуатации, подвариваемый кусок стационарного кабеля закачивается разъемом.

Над отрезком с каретками находится непосредственно панель световых переключений. На ней ряд разъемных муфт, которые пронумерованы соответственно номерам заводских волокон. Всего можно завести 60 волокон. Второй конец муфты предназначен для подключения гибкого стационарного кабеля с двумя разъемами.

## 8.6. Приемно-сдаточные измерения ВОЛС

Приемосдаточные испытания выполняются представителями строительной организации. Приемка осуществляется путем соответствующих измерений параметров передачи оптического сигнала на полностью смонтированном участке оконечными разъемами оптического кабеля. Нормы и объемы обязательных измерений определяются техническими требованиями, разработанными заказчиком и зависят от конструкции оптического кабеля и организации для него системы передачи. На ВОЛС с большой пропускной способностью измеряют затухания и дисперсию всех волокон. Измерения проводят при условиях, наиболее близких к рабочим по спектру измерительных сигналов и ширине полосы частот источников излучения, методом ввода и вывода оптических сигналов.

Измерения и дисперсии оптического волокна производят в обоих направлениях передачи, что позволяет учесть различие в обоих направлениях передачи, что позволяет учесть различие значений измеряемых параметров, обусловленных неоднородностью ВОЛС. Таким образом, для проведения приемосдаточных испытаний необходимо на обоих концах ВОЛС иметь полные комплекты измерительной аппаратуры. Данные измерений в обоих направлениях передачи заносит в соответствующие таблицы паспорта ВОЛС. Измерения производят с обоих концов ВОЛС с помощью оптических рефлектометров. Данные измерений наносят на кальку и заносит в паспорт ВОЛС.

В паспорт ВОЛС включают схему соединения волокон в каждой соединительной муфте, где производится их группирование.

В паспорте ВОЛС должна быть точная карта трассы прохождения линии.



## 9. РАСЧЕТ РАСТЯГИВАЮЩИХ УСИЛИЙ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

При прокладке оптического кабеля в телефонную канализацию или кабелеукладчиком в грунт последний испытывает действие так называемых растягивающих усилий.

При определении величины растягивающих усилий, испытываемых ОК при прокладке кабелеукладчиком в грунт, следует иметь в виду следующие обстоятельства. Кабель, как правило, не испытывает заметных напряжений, так как применяются принудительное вращение барабана и другие меры, обеспечивающие свободную размотку кабеля и поступление его в кассету кабелеукладчика. Однако в процессе прокладки могут быть неожиданные остановки при встрече препятствий, посторонних предметов в грунте и нарушении синхронности работы тракторов. Динамические нагрузки также резко возрастают за счет рывков трактора и при разгоне барабана в момент начала движения, а также при крутых поворотах и наклонах кабелеукладчика. В результате в кабеле могут создаваться растягивающие усилия, превышающие норму.

Для того, чтобы не допустить повреждения кабеля при прокладке, необходимо рассчитать растягивающие усилия, действующие на кабель при прокладке, и сравнить их с нормированными значениями.

При расчете усилий, испытываемых ОК при прокладке в грунт, следует учитывать массу и длину кабеля, динамическое действие и вертикальное давление слоя земли, находящейся над кабелем. Расчет усилия тяжения при прокладке ОК в земле кабелеукладчиком можно производить по формуле:

$$T = (P + Q) \cdot f \cdot \mu \cdot L_k, \quad \text{кгс}, \quad (9.1)$$

где  $P$  - масса единицы длины кабеля, кг/м;

$Q$  - вертикальное давление слоя земли, кг/м<sup>2</sup>;

$f$  - коэффициент трения в кассете кабелеукладчика  
(принимается  $f=0.15$ );

$\mu$  - динамический коэффициент (2-3);

$L_k$  - длина проложенного кабеля в земле ( $L_k=1000$ м).

В населенных пунктах кабель прокладывается в телефонную канализацию. При протягивании кабеля в канализацию он также испытывает растягивающее усилие, которое может оказать неблагоприятное воздействие на его оптические параметры.

Поэтому необходимо рассчитывать величину этой нагрузки и ограничивать максимально допустимое тяжение, которое зависит от длины кабеля и его массы, коэффициента трения между оболочкой кабеля и

каналом трубопровода, от профиля и трассы канализации, наличия на трассе поворотов.

При прокладке оптического кабеля на прямолинейном участке трассы канализации, растягивающее усилие определяется по формуле:

$$T_{\text{пр}} = P \cdot f \cdot L, \quad \text{кгс}, \quad (9.2)$$

где  $P$  - масса единицы длины кабеля, кг/м;  
 $f$  - коэффициент трения;  
 $L$  - длина протягиваемого кабеля, км.

Коэффициент трения зависит от материала труб канализаций и оболочки оптического кабеля. Для кабеля в полиэтиленовой оболочке он составляет: 0,38- в бетонных, 0,32- в асбестоцементных, 0,29- в полиэтиленовых трубах.

Если трасса канализации не прямолинейная, а имеет изгибы, то растягивающее усилие с учетом изгибов определяется:

$$T_{\text{изг}} = T_{\text{пр}} \cdot e^{\varphi f}, \quad \text{кгс}, \quad (9.3)$$

где  $T_{\text{пр}}$  - растягивающее усилие на оптический кабель, приложенное до изгиба, кгс;  
 $\varphi$  - угол поворота трассы (внешний), рад.

Для того, чтобы кабель не испытывал больших нагрузок за счет растягивающих усилий, следует строительную длину кабеля "разбить" на 2 части, выбрать середину участка телефонной канализации, по которому прокладывается кабель, и прокладывать кабель в два направления. Растягивающие усилия считаются в сторону прокладки оптического кабеля.

## 10. УКРУПНЕННЫЕ РАСЦЕНКИ МАТЕРИАЛОВ И РАБОТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛИ

№	Наименование материалов и работ	Единица измерения	Стоимость единицы, у.е.
1	2	3	4
	<u>Материалы:</u>		
1	Волоконно-оптический кабель -для прокладки в грунт -для прокладки через реки -для прокладки в канализацию -станционный	км (на 12 ОВ)	4500 6500 2200 500
2	Муфта для монтажа ВОК	шт.	150
	<u>Работы:</u>		
3	Бестраншейная прокладка кабеля (кабелеукладчиком)	км	200
4	Рытье траншей ручным способом	100м <sup>3</sup>	25
5	Прокладка кабеля в готовую траншею	км	15
6	Засыпка в ручную траншей, котлованов и ям	100м <sup>3</sup>	10
7	Укрупненная строительная норма на скрытые переходы при пересечении с шоссейными дорогами методом прокола до 10 м	переход	35
8	Прокладка кабеля в канализацию	км	355

1	2	3	4
9	Измерение затухания оптического кабеля на кабельной площадке	1 строит. длина	70
10	Измерение оптических параметров при монтаже муфты с помощью рефлектометра в двух направлениях	км	70
11	Монтаж прямой муфты	муфта	160
12	Измерение затухания оптического кабеля на смонтированном участке в двух направлениях	км	115
13	Установка замерного столбика	шт.	2

Используя приведенные расценки материалов и работ необходимо составить укрупненную смету по затратам на строительство кабельной магистрали. Необходимо учесть также плановые накопления (принимаются в размере 18 % от общей стоимости материалов и работ) и накладные расходы (200 % от стоимости с учетом плановых накоплений).

Зная общие затраты, вычисляют такой показатель, как стоимость одного каналокилометра.

Стоимость каналокилометра вычисляется по формуле:

$$C = K/(N \cdot L), \text{ сум}/(\text{канал.км}), \quad (10.1)$$

где K - сметная стоимость на строительство ВОЛС, сум;

N - количество каналов, канал.;

L - длина магистрали, км.

Стоимость каналокилометра необходимо рассчитать два раза: для требуемого количества каналов и для количества каналов возможно организуемого аппаратурой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи. - М.: Радио и связь, 1990 - 224с.
2. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1997. -148 с.
3. Слепов Н.Н. Архитектура и функциональные модули сетей SDH. Сети и системы связи. № 1, 1996. -9 с.
4. Волоконно-оптические линии межстанционной связи. Справочное пособие, Васильев В.Н., Семейкин В.Д., Т.:ТЭИС, 1997.
5. Волоконно-оптические линии связи. Учебное пособие, Васильев В.Н., Смороцковский В.С., Т.:ТЭИС, 1999.
6. Гроднев И.И., Верник С.М., Кочановский Л.Н., Линии связи. - М.: Радио и связь, 1995 -448 с.
7. Москаленко Ю.С., Агзамов, Элементы проектирования и строительства ВОЛС.
8. Атлас автомобильных дорог.
9. Попов Б.В. Строительство и техническая эксплуатация ВОЛС. - М.: Радио и связь, 1995 - 198с.
10. Руководство по строительству магистральных и внутризоновых оптических линий связи. М., 1993.

зав. каф. Камалидинов Р.З.

ст. преп. Васильев В.И.

ст. преп. Курбанов М.Ш.

ассистент Войтенко Н.В.

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ ПО  
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ СВЯЗИ  
МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО**

**Редактор**

**Корректор**

**Подписано в печать**

2000г., формат 60x84.1

**объем 2 усл. п. л.**

**тираж 100**

**Заказ 572 - 1.2 - 1.2.1**

**Типография ГЗИС. Ташкент, ул. Амира Тимура, 108**