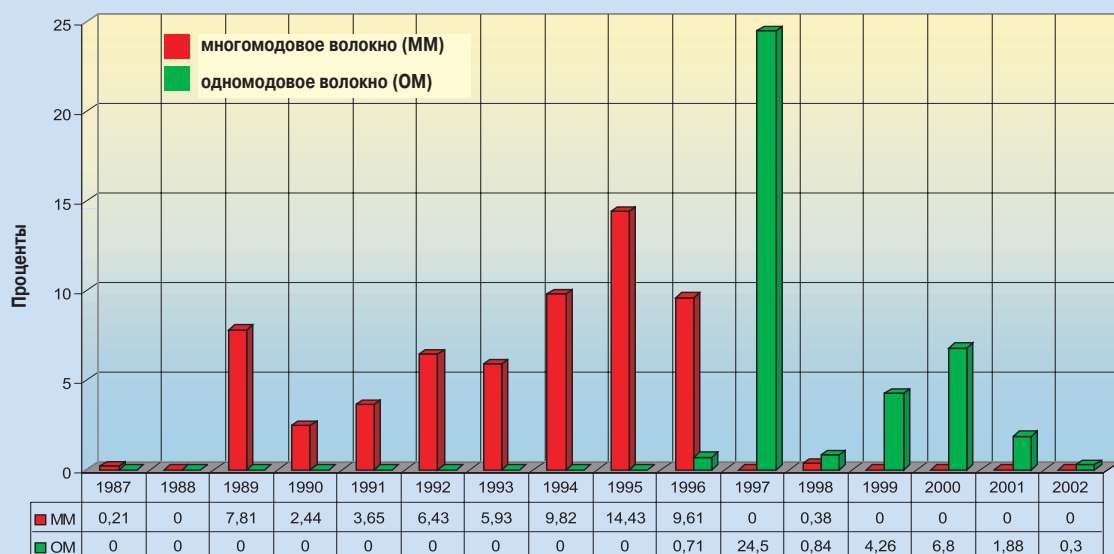


# ВОЛС в заботливых руках

Высокий уровень эксплуатации волоконно-оптических линий связи подразумевает их постоянное поддержание в рабочем состоянии за счет плановых ремонтов и минимизации затрат времени на восстановление после аварий. Немалый опыт работы в этой области накоплен Киевской городской дирекцией Укртелекома.

**В** настоящее время кабельное хозяйство, техническим обслуживанием которого занимается группа волоконно-оптических линий связи производственной лаборатории Центра информационных технологий и технического обеспечения Киевской городской дирекции ОАО «Укртелеком», включает более двухсот оптических кабелей (ОК) различной емкости. Их общая длина превышает 1100 км (12300 км в одноволоконном исчислении). ОК с многомодовыми оптическими волокнами (ОВ) составляют при-

мерно 60% общего количества кабелей (в одноволоконном исчислении) и примерно 75% общей протяженности ОК — и это несмотря на то, что с 1997 г. они практически не внедряются на телефонных сетях Киевской городской дирекции Укртелекома (см. рисунок). Таким образом, еще достаточно долго в эксплуатации будет находиться большое количество кабелей с многомодовыми ОВ (ориентировочный срок их службы 25–30 лет), хотя доля их в общем объеме будет неуклонно снижаться.



ВОЛС Киевской городской дирекции Укртелекома. Ввод в эксплуатацию оптического кабеля в 1987-2002 гг.



ительных работ в городе возрастают трудозатраты на аварийный ремонт.

## Капитальный ремонт

Капитальный ремонт проводится при необходимости замены более 500 м кабеля. Такая ситуация может возникнуть в результате стихийного бедствия либо при эксплуатации некачественного ОК (например, при увеличении километрического затухания ОВ по всей строительной длине либо на отдельных участках).

На Киевской телефонной сети капитальный ремонт оптических кабелей проводился только по причине увеличения километрического затухания ОВ.

В начале 90-х годов проблема прогнозирования срока службы ОК стояла настолько остро, что в 1991 г. Укртелеком и Одесский институт связи заключили договор о выполнении работ на тему «Исследование оптических линий ГТС Киева и разработка методики прогнозирования технического состояния».

Проведенные исследования показали следующее:

Следует также отметить, что в последние годы ряд организаций и частных операторов связи построили свои собственные ВОЛС, в результате чего количество действующих оптических кабелей в Киеве увеличилось примерно вдвое.

Техническое обслуживание ВОЛС можно условно разделить на следующие виды работ:

- капитальный ремонт (трудозатраты по видам работ при эксплуатации — 5%);
- аварийный ремонт (60%);
- эксплуатационные измерения (10%);
- текущий ремонт (15%);
- непредвиденные работы (10%).

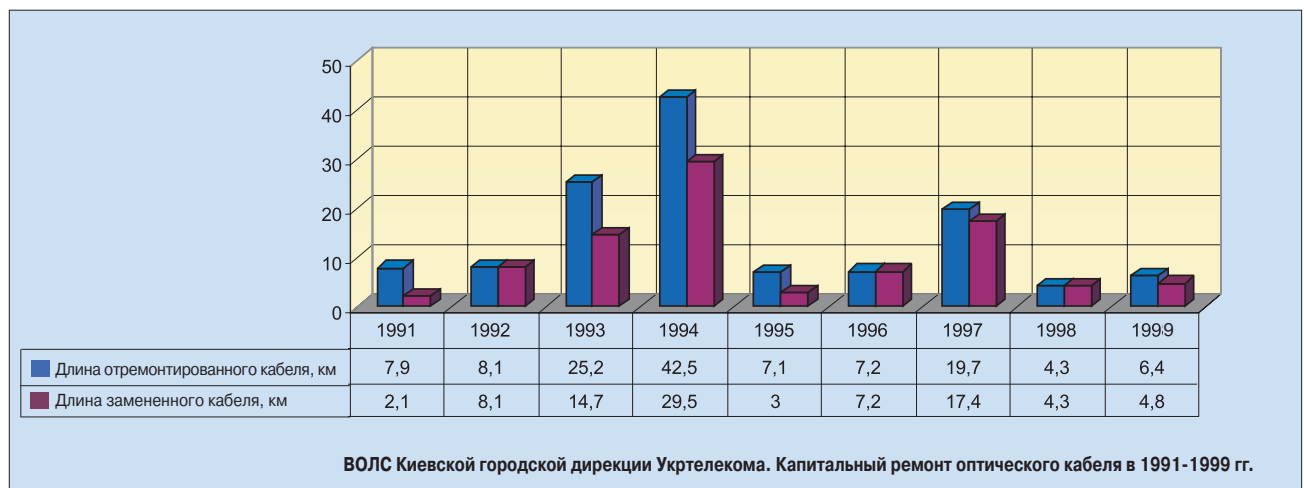
Соотношение трудозатрат по видам работ из года в год меняется. Так, например, капитальный ремонт оптического кабеля может проводиться один раз в несколько лет, а при больших объемах стро-

по состоянию на июль 1991 г. у 23 из 28 кабелей затухание оптического сигнала превышало допустимое значение на длине регенерационного участка (50 дБ);

- временная зависимость затухания оптического сигнала в ОВ весьма нестабильна, причем затухание ОВ превышает базовые значения на момент приемки линий передачи;
- обнаруженное изменение затухания оптического сигнала в ОВ связано в первую очередь со значительной деградацией ОК и других элементов волоконно-оптических систем передачи в процессе двухлетней эксплуатации.

Таким образом, исследования показали низкое качество ОК производства 1989—90 гг.

Естественно, при капитальном ремонте ставилась задача восстановить кабель с минимальными затратами. Поэтому, по возможности, заменялся



Капитальный ремонт ВОЛС Киевской городской дирекции Укртелекома				
Марка оптического кабеля	Дата ввода в эксплуатацию	Дата капитального ремонта	Общая длина кабеля, м	Заменено, м
ОК-50-2-5-8	03.1989	10.1993	3580	3580
ОК-50-2-5-8	03.1989	07.1997	3560	3560
ОК-50-2-5-8	06.1989	12.1994	7110	7110
ОК-50-2-5-8	06.1989	09.1992	8128	8128
ОК-50-2-5-8	06.1989	09.1997	8130	8130
ОК-50-2-5-8	06.1989	08.1994	7250	3000
ОК-50-2-5-8	06.1989	08.1994	4360	1600
ОК-50-2-5-8	10.1989	10.1999	6351	4800
ОК-50-2-5-8	10.1989	12.1993	5952	3000
ОК-50-2-5-8	01.1990	06.1993	7680	1500
ОК-50-2-5-8	01.1990	11.1991	7860	2080
ОК-50-2-5-8	01.1990	06.1993	8032	6620
ОК-50-2-5-8	01.1990	12.1997	7969	5700
ОК-50-2-5-8	04.1990	12.1995	7059	3000
ОК-50-2-5-8	03.1991	08.1994	7250	3500
ОК-50-2-5-8	03.1991	12.1996	7210	7210
ОК-50-3-5-8	03.1991	08.1994	6220	3970
ОК-50-3-5-8	03.1991	09.1994	6240	6240
ОК-50-2-5-8	07.1993	06.1998	4280	4280
ОК-50-3-5-8	01.1994	12.1994	4030	4030
<b>Всего заменено, м</b>			<b>91038</b>	

не весь кабель, а лишь отдельные его участки (см. рисунок). Работа усложнялась тем, что на разных строительных длинах повышенное километрическое затухание наблюдалось на разных волокнах. В подобных случаях при монтаже муфт приходилось скрещивать волокна, и по окончании ремонта восстанавливались не все ОВ, а, скажем, шесть из восьми.

Выяснить причины повышения километрического затухания, проведя экспертизу в производственной лаборатории, не было возможности. Но опыт ремонта ОК позволил сделать определенные предположения. Поскольку во время монтажа муфт при снятии модульной трубки вместе с гидрофобом полностью снималось первичное покрытие ОВ,

причиной увеличения километрического затухания могло стать взаимодействие гидрофоба с первичным покрытием волокон и, как следствие, частичное разрушение оболочки ОВ.

Капитального ремонта требовали в основном ОК выпуска 1989—90 годов (таблица вверху), то есть того периода, когда производство оптоволоконных кабелей только начиналось. Поскольку гарантийный срок эксплуатации данного кабеля составляет 3 года, замена более 90 км ОК при капитальном ремонте прошла «безболезненно» для производителя этого кабеля. Однако есть основания надеяться, что большие объемы капитального ремонта ОК остались в прошлом.

## Аварийный ремонт

Аварийный ремонт проводится в случае повреждения волокон в кабеле. При обрыве одного ОВ в ОК рассматривается необходимость его восстановления при текущем ремонте. В случае обрыва двух или более ОВ в одном месте вероятность повреждения оболочки кабеля значительно возрастает, и такую ситуацию целесообразно классифицировать как аварию на кабеле.

Основные причины аварийных повреждений и соответствующие им количественные показатели приведены в таблице (внизу).

Наибольшее количество повреждений (42%) совершено грабителями, которые надрезают кабель в целях его проверки на наличие меди. Бронирование кабеля в таких случаях не спасает, так как нарушители оснащены соответствующим инструментом, а чтобы отличить оптический кабель от медного по желтой краске, наносимой на оболочку кабеля в колодцах кабельной канализации, их квалификация, к сожалению, недостаточно.

В какой-то степени оградить от хищений колодцы кабельной канализации могут качественные замки на тяжелых люках. Одна-

Аварийный ремонт ВОЛС Киевской городской дирекции Укртелекома					
Марка оптического кабеля	Дата ремонта	Причина, количество аварий			
		хищения	неквалифицированные строительные работы	грызуны	нарушение правил работ в колодцах кабельной канализации
ОК-50-3-5-8	1993	—	—	1	—
ОК-50-3-5-8	1994	—	—	1	—
ОК-50-2(3)-5-8	1995	1	—	1	1
ОК-50-2-5-8	1996	—	—	3	1
ОК-50-2-5(3)-8	1997	—	11	2	2
ОК-50-2-5(3)-8	1998	9	—	—	—
ОК-50-2-3-8	1999	5	—	—	—
ОКК-50-2-1.5-16	2000	1	—	—	—
ОК-50-2-5(3)-8	2001	—	2	1	—
ОКК-50-2-1.5-16	2001	1	—	—	—
GNSLDV 36-10/125EM,CZ	2001	—	1	—	—
ОК-50-2-5(3)-8	2002	1	1	1	—
ОКК-50-2-1.5-16	2002	3	—	—	—
<b>Итого</b>		<b>21</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>4</b>

ко, учитывая их количество, это обойдется недешево. Необходимо отметить, что на легких люках кабельных колодцев в Киеве замки установлены, но ключом к ним может служить обыкновенная «монтировка», поэтому данная мера проблемы не решает.

Положение усугубляется тем, что еще ни одного виновника повреждения ОК не удалось привлечь к ответственности.

Довольно много аварийных повреждений (30%) происходит из-за некачественного проведения строительных работ с разрытием грунта. Для экскаваторов и тракторов марка ОК роли не играет, и от применения этой техники нередко страдают каналы кабельной канализации. В случае повреждения городских телефонных сетей во время строительных работ в сумму штрафа запрещается вносить убытки от остановки трафика, хотя при использовании на магистральном городском кольце аппаратуры SDH STM-64 трафик в городе не меньше, чем на некоторых зонах или междугородних направлениях.

Так что штрафные меры не защищают ОК от повреждения строителями, хотя, в отличие от вредительства с целью наживы, в подобных случаях практически всегда удается найти виновного (показательный пример — реконструкция Московской площади в Киеве летом 1997 г.).

Виновниками аварийных повреждений ВОЛС нередко становятся грызуны (20% случаев). Однако бронированные кабели этой угрозе не подвержены (см. таблицу). Защита от грызунов несколько упрощается тем, что в сети ВОЛС Киевской городской дирекции Укртелекома все кабели с одномодовыми волокнами защищены гофрированной броней, а с завершением эксплуатации ОК, не имеющих брони, проблема решится окончательно.

Наименее часто (8% случаев) аварийное повреждение ВОЛС происходит из-за нарушения правил работы в колодцах кабельной канализации. Здесь помога-

ют такие меры, как строгий контроль за допуском к этой работе и повышение квалификации специалистов, ее выполняющих.

## Эксплуатационные измерения

Эксплуатационные измерения проводятся на ВОЛС не реже двух раз в год. При этом выявляются ОБ с повышенным затуханием, определяются причины и места дефектов, которые подлежат устранению при текущем ремонте. Эксплуатационные измерения позволяют также сделать определенные выводы о состоянии сети ВОЛС, например, с помощью систем непрерывного автоматического мониторинга оптического кабеля, о которых шла речь в статье «Сторожевые посты на оптоволоконных трассах» (Пузин И. // Сети и телекоммуникации. 2002. № 9).

Затухание измеряется оптическими тестерами на ОБ, не подключенных к волоконно-оптической системе передачи (ВОСП), в двух направлениях; для этого применяется метод вносимых потерь.

Измеренное затухание сравнивается с максимально допустимым затуханием для конкретной ВОЛС, определяемым по формуле:

$$A_{\max} = \alpha \times L + A_{\text{нс}} \times n_{\text{нс}} + A_{\text{рс}} \times n_{\text{рс}}, \text{ где}$$

$A_{\max}$  — измеряется в децибелах;

$\alpha$  — километрическое затухание ОБ, дБ/км;

$L$  — общая длина ОБ, км;

$A_{\text{нс}}$  — потери на неразъемном соединении (сварка), дБ;

$n_{\text{нс}}$  — количество неразъемных соединений;

$A_{\text{рс}}$  — потери на разъемном соединении, дБ;

$n_{\text{рс}}$  — количество разъемных соединений.

Если  $A_{\text{изм}} \leq A_{\max}$ , считается, что затухание ОБ в норме; если же  $A_{\text{изм}} > A_{\max}$ , необходимы дополнительные измерения.

Локализовать дефект позволяют дополнительные измерения, проводимые оптическим рефлектометром.

## Марки и характеристики оптического кабеля

**ОКСС-4/0** — кабель оптический, для стационарных объектов и сооружений, для стационарной прокладки, без металлических жил; количество многомодовых оптических волокон — 4.

**ОК-50-2(3)-5(3)-8** — кабель линейный оптический на основе градиентного оптического волокна с диаметром сердцевины 50 мкм, с гидрофобным заполнением межмодульного пространства (разработки 2 или 3), с затуханием до 5 (3) дБ/км на длине волны 850 нм; количество оптических волокон — 8.

**ОКК-50-2-1,5-16** — кабель городской оптический на основе градиентного оптоволоконного с диаметром сердцевины 50 мкм, с гидрофобным заполнением межмодульного пространства (разработки 2), с затуханием до 1,5 дБ/км на длине волны 1300 нм; количество оптических волокон — 16.

**ОКЛБг-3-ДА12-Х\*ХЕ-0.36Ф3.5/0.22Н19-8(16;24)/0** — кабель оптический линейный с броней из стальной гофрированной ленты, с диэлектрическим силовым элементом, одномодовыми оптическими волокнами, с затуханием до 0,36 (0,22) дБ/км на длине волны 1310 (1550) нм, без металлических жил; количество ОБ — 8 (16, 24).

**GNSLWLV 36-10/125 EM** — кабель оптический, с полиамидным вторичным покрытием, профилированным сердечником, броней из стальной гофрированной ленты, полиэтиленовой оболочкой, с гидрофобом, с одномодовыми ОБ в количестве 36.

**ВОСП «Соната-2»** — комплект оборудования оконечных и промежуточных станций, предназначенный для работы на городских телефонных сетях по ОК с многомодовыми ОБ, на рабочей длине волны 850 нм, с динамическим диапазоном 50 дБ и оконечным устройством (УССЛК) без панели переходных розеток с оптическими разъемами типа «Лист».

**ВОСП ИКМ-120-5** — комплект оборудования промежуточных и оконечных станций, предназначенный для работы на городских телефонных сетях по ОК с многомодовыми ОБ, на рабочих длинах волн 850 нм (ДД < 50, 34 дБ) и 1300 нм (ДД < 37, 24 дБ), с оконечным устройством (ОСП-22), без панели переходных розеток с оптическими разъемами «Лист-Х».

Среди основных причин повышенного затухания на ВОЛС можно указать следующие:

- увеличение километрического затухания участка ОБ;
- увеличение затухания на оконечном устройстве;
- увеличение затухания в муфте.

## Как строились ВОЛС в Киеве

Первый межстанционный оптический кабель в Киеве был смонтирован и введен в эксплуатацию в 1987 г.: в одном направлении были одновременно проложены и смонтированы два ОК с многомодовыми оптическими волокнами (марка ОКСС-4/0) производства Мытищенского кабельного завода. Сейчас в это трудно поверить, но в первые годы монтаж ОК и работы по их поддержанию в рабочем состоянии велись без оптического рефлектометра — использовались оптические тестеры ОМКЗ-76 и устройство для сварки световодов (предшественник КСС-111). Заметим, что упомянутые два кабеля и в настоящее время продолжают работать в составе ВОСП «Соната-2».

Знаменательно, что примерно сто лет отделяют это событие от прокладки первого подземного телефонного кабеля в Киеве (1893 г.).

С 1989 г. началось широкое внедрение оптических кабелей на межстанционных сетях Киевской телефонной сети. Это были кабели с многомодовыми волокнами (марка ОК-50-2-5-8) производства Одесского кабельного завода, с затуханием до 5 дБ/км, а с 1995 г. с затуханием до 3 дБ/км, и работали они на ВОСП «Соната-2».

В 1992 г. в Киеве была внедрена аппаратура ВОСП ИКМ-120-5 с длиной волны излучения 850 нм (с 1996 г. — 1300 нм), параллельно внедрялся новый кабель с многомодовыми волокнами, работающими на двух длинах волн (марка ОКК-50-2-1,5-8). Уменьшение затухания до 1,5 дБ/км (при длине волны 1300 нм) дало возможность значительно увеличить длину регенерационных участков.

С 1996 г. на телефонных сетях Киева началось внедрение оптических кабелей с одномодовыми волокнами, а в 1997 г. закончилось строительство линейной части городского магистрального кольца на базе 36-волоконного кабеля производства фирмы Ericsson (марка GNSLWLV 36-10/125 EM).

На городском магистральном кольце используются оконечные устройства производства Ericsson и Fotona с оптическими разъемами типа FC/PC.

Городские соединительные кольца строятся в основном на базе 16-волоконных кабелей производства ОАО «Одескабель» (марка ОКЛБг ЗДА12-4х4 Е-0,36 Ф3,5/0,22 Н19-16/0), при этом используются оконечные устройства производства фирм «Крона» и «Оптел» с оптическими разъемами типа FC/PC.

В киевской телефонной сети оптические кабели с одномодовыми волокнами работают на аппаратуре SDH фирм Siemens, Alcatel, Ericsson, а также на аппаратуре ИКМ-480-5.

В случае обрыва ОВ при помощи оптического рефлектометра определяется место обрыва и рассматривается целесообразность его устранения при текущем ремонте. Все данные эксплуатационных измерений протоколируются для дальнейшего анализа состояния сети ВОЛС.

### Текущий ремонт

Текущий ремонт ВОЛС проводится по завершении цикла эксплуатационных измерений.

Значимым повреждением с точки зрения работоспособности ВОЛС является обрыв волокна.

Как видно из таблицы, около 55% обрывов ОВ возникает на строительной длине кабеля. В этом случае волокна можно восстановить только с помощью монтажа аварийной вставки кабеля с полной остановкой связи по всем волокнам данного кабеля на время ремонта. При наличии запасных волокон в кабеле, где произошел обрыв ОВ на строительной длине, либо при

наличии запасных ОВ в других ОК, работающих на том же направлении, такой ремонт не целесообразен.

Как показывает диаграмма, отражающая количественное соотношение обнаруженных и устраненных обрывов ОВ в Киеве с 1995 по 2002 г., в 1995–97 гг. была устранена лишь малая доля обнаруженных обрывов, что объясняется недостаточностью штата группы ВОЛС, большими объемами вводимых в эксплуатацию ОК и достаточно большими объемами капитального ремонта ОК.

Точно определить причину обрыва ОВ на строительной длине возможно только при исследовании поврежденного отрезка ОК после ремонта. Однако, опираясь на опыт работы с кабелем марки ОК-50-2-5-8, можно предположить, что причиной обрывов ОВ на строительных длинах являются неудовлетворительные механические характеристики ОВ в сочетании с нарушениями правил работы в кабельной канализации.

В 2002 г. проводился ремонт двух кабелей марки ОКК-50-2-1,5-8 после обнаружения нескольких обрывов на каждом из них в разных местах. Необходимость ремонта была обусловлена тем, что оба кабеля работают на одном направлении, где после повреждений не осталось запасных волокон.

В ходе ремонта выяснилось, что причиной обрывов были неудовлетворительные механические характеристики оптических волокон, из-за хрупкости которых при скалывании, сварке и укладке приходилось перерезать ОК в процессе монтажа муфт более десятка раз. Причем оптические параметры всех ОВ в этих кабелях были в норме.

При увеличении километрического затухания волокна, которое, как правило, наблюдается по всей строительной длине, рассматривается вопрос о целесообразности капитального ремонта ОК.

Около 20% обрывов волокна происходит на оконечных устройствах (см. таблицу). Отметим,

### Обрывы на ВОЛС Киевской городской дирекции Укртелекома

Марка оптического кабеля	% от общей длины кабеля	Количество обрывов				
		Строительная длина	Оконечное устройство (тип)		Муфта (тип)	
ОКСС-4/0	1,3	—	1	УССЛК	1	СМОК
ОК-50-2-5-8	53,6	36	13	УССЛК	7	СМОК
ОК-50-3-5-8	7,9	3	1	ОСП-22	1	СМОК
ОК-50-2-3-8	7,4	3	1	УССЛК	1	СМОК
ОКК-50-2-1,5-8(16)	7,0	3	—	ОСП-22	4	МГОК
ОКЛБгЗДА12-Х* ХЕ-0,36Ф3,5/0,22Н 19-8(16;24)/0	15,2	—	1	ODF «Оптел»	1 2	2ZAA МГОК
GNSLDV 36-10/ 125 EM,CZ	0,9	—	1	ODF Fotona	—	FOSC- 100
GNSLWLV 36-10/125 EM	6,7	—	—	ODF Ericsson	—	NCD-504
<b>Всего</b>	<b>100</b>	<b>45</b>	<b>18</b>	<b>—</b>	<b>17</b>	<b>—</b>

что ситуации, когда при эксплуатационных измерениях  $A_{изм} > A_{max}$ , возникают в основном из-за повышенного затухания на оконечных устройствах.

Вот почему особое внимание должно уделяться качеству монтажных работ, а также оконечных устройств и их компонентов.

К сожалению, в настоящее время опыт работы с ОВ не гарантирует высокого качества монтажа ВОЛС. Проблему можно решить привлечением квалифицированных специалистов к приемосдаточным измерениям.

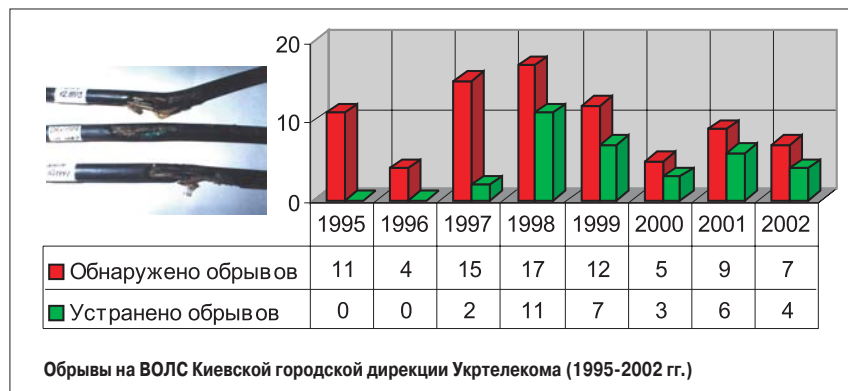
Вопрос о качестве оконечных устройств и их компонентов решается в настоящее время достаточно просто: необходимо использовать только продукцию с соответствующими сертификатами и конкретными гарантиями.

Как видно из таблицы, обрывы ОВ происходят главным образом на тех типах оконечных устройств, которые не были сертифицированы и уже сняты с производства (УССЛК, ОСП-22). При повышенном затухании ОВ на оконечном устройстве необходимо определить, какой из компонентов этого устройства вносит повышенное затухание, и заменить его, либо уменьшить потери на сварном или разъемном соединении.

Выясняя причины обрывов либо повышенного затухания ОВ в оптических муфтах, следует также обратить внимание на качество монтажных работ и качество оптических муфт. Методы решения этих проблем те же, что и в случае с оконечными устройствами.

Необходимо отметить, что муфты типа СМОК и МГОК не были сертифицированы в Украине и с 1997 г. не устанавливаются в Киевской телефонной сети. При возникновении обрыва или повышенного затухания ОВ в оптической муфте последнюю необходимо перемонтировать.

В отличие от обрывов волокон на строительной длине, повреждения, связанные с обрывами или повышенным затуханием ОВ в оконечных устройст-



вах и муфтах, всегда устраняются при текущем ремонте ВОЛС.

## Непредвиденные работы

К непредвиденным работам относится приемка в эксплуатацию смонтированных либо реконструированных ВОЛС. Приступая к таким работам, необходимо проверить комплект сдаваемой строительной документации, затем следует провести весь комплекс приемосдаточных измерений.

К большому сожалению, в последние годы количество специалистов, занимающихся монтажом ВОЛС, растет намного быстрее, чем повышается их квалификация. Проблема осложняется тем, что в процессе приемосдаточных измерений выявить некачественный монтаж муфт и оконечных устройств на ВОЛС достаточно сложно, а иногда и невозможно. Причем сказаться на работоспособности ВОСП эти факторы могут не сразу, а по прошествии довольно продолжительного срока. Так что экономия при строительстве ВОЛС, даже если сначала ВОСП работает стабильно, может привести к неприятным сюрпризам.

Для анализа состояния всех эксплуатируемых ОК, экономии времени и средств при аварийном и текущем ремонте большое значение имеет база данных эксплуатируемой сети ВОЛС. Оптимальная структура базы данных определяется конфигурацией и объемом эксплуатируемой сети ВОЛС, но в любом случае база должна содержать инфор-

мацию о состоянии всех эксплуатируемых ОВ, ОК и о направлениях связи. Поэтому базу данных следует регулярно корректировать, всегда поддерживая ее в актуальном состоянии.

В группе ВОЛС производственной лаборатории ЦИТТО Киевской городской дирекции Укртелекома используется база данных, созданная на основе пакета программ Microsoft Office (Access, Excel), HP OTDRTOOL. Она включает в себя порядка десяти взаимосвязанных таблиц и более 600 рефлектограмм.

Высокий уровень технического обслуживания ВОЛС, подразумевающий постоянное поддержание сети в рабочем состоянии, достигается путем проведения плановых ремонтов и минимизации затрат времени на восстановление ОК при аварийном ремонте. Во многом это зависит от квалификации персонала и комплектации приборной базы, которая варьируется от необходимого минимума до желательного максимума. Разница в стоимости между минимальным и максимальным набором оборудования может составлять более 100 тысяч долларов, поэтому целесообразность затрат при комплектации приборной базы определяется объемом и разнообразием характеристик эксплуатируемых ВОЛС, а также объемом и значимостью передаваемой по ним информации.

**Сергей КАБЫШ,**  
руководитель группы ВОЛС  
Киевской городской дирекции  
Укртелекома