

Операции на ОПТОВОЛОКНЕ

Что делать, если на ВОЛС произошла авария?

Вопрос, безусловно, риторический.

Восстанавливать, и немедленно! Однако скорость восстановления зависит от многих факторов. Итак, в центре нашего внимания – вопросы аварийного восстановления ВОЛС на городских сетях связи.

Надежность сети волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) зависит от надежности ее компонентов и скорости их ремонта при аварийных повреждениях. Оптический кабель (ОК), наряду с аппаратурой волоконно-оптических систем передач (ВОСП), является одним из важнейших компонентов сети. От скорости его восстановления во многом зависит надежность сети ВОЛС в целом.

На скорость восстановления ОК при аварийных повреждениях влияет целый ряд факторов. Основными можно считать следующие четыре фактора:

- техническая оснащенность аварийно-восстановительной бригады (АВБ);
- состав и квалификация персонала АВБ;
- состояние базы данных эксплуатируемой сети ВОЛС;
- состояние аварийного запаса и материалов для ремонта ОК.

Аварийно-восстановительная бригада: оптимальный минимум

Техническая оснащенность АВБ определяется объемом эксплуатируемой сети ВОЛС и значимостью передаваемой по ней информации; она также зависит от экономической состоятельности обслуживающих ВОЛС организаций и компетентности их руководителей.

В данной публикации вопросы оптимальной оснащенности АВБ рассматриваются применительно к сетям ВОЛС достаточно большой протяженности, в которых используются высокоскоростные волоконно-оптические системы передачи.

Оптимально оснащенной технически (не путать с максимально оснащенной) можно считать аварийную бригаду, имеющую в своем распоряже-

слева направо: идентификатор оптоволоконна, оптический тестер и переговорное устройство



нии два специальных автомобиля, каждый из которых оборудован для монтажа оптического кабеля и укомплектован измерительной приборной базой, приборами и инструментами для монтажа кабеля, принадлежностями для его прокладки, средствами связи и электропитающим оборудованием.

Необходимо отметить, что за счет использования современных измерительных приборов, автоматических сварочных аппаратов и компьютерных баз данных значительно снизилась зависимость качества сварки, быстроты определения места и характера повреждения оптоволокну от индивидуальных способностей персонала АВБ. Однако следует признать, что при этом намного повысились требования к уровню технической подготовки персонала.

Большое значение имеет состав аварийно-восстановительной бригады. Опыт показывает, что максимальная скорость аварийного ремонта оптического кабеля достигается при наличии в бригаде одного инженера и двух кабельщиков-спайщиков в каждом из двух спецавтомобилей для прокладки и монтажа аварийной вставки, а также по одному инженеру на конечных пунктах – для измерений при монтаже и после восстановления оптического кабеля.

Однако оптимальный состав АВБ зависит от объема обслуживаемой сети ВОЛС и может быть меньше, чем необходимо для максимально быстрого ремонта оптического кабеля. Это вполне допустимо: например, аварийный ремонт ОК



Аварийная бригада готова выехать на задание

в процессе обслуживания сети ВОЛС Киевской городской дирекции Укртелекома занимает около 10% фонда рабочего времени группы ВОЛС.

При относительно небольших объемах ВОЛС состав аварийных бригад может быть минимально допустимым и определяться исходя из требований техники безопасности и технологии монтажа оптического кабеля. Минимальный состав АВБ (два инженера и один кабельщик-спайщик) при наличии укомплектованного спецавтомобиля может решать задачи по обслуживанию ВОЛС, однако скорость восстановления ОК при аварийных ремонтах будет, соответственно, ниже. Разумеется, вопрос комплектации спецавтомобиля

Оптимальная комплектация спецавтомобиля (пример)

Назначение	Наименование	Количество		Ориентировочная цена за единицу, долл.*
		необходимое	оптимальное	
Измерительные приборы	• оптический рефлектометр с блоками, соответствующими эксплуатируемому ОК	1	1	5000-40000
	• оптический тестер	2	3	1500-7000
	• идентификатор ОВ	-	1	800-1200
Приборы и инструменты для монтажа ОК	• сварочный аппарат (автомат)	1	1	15000-25000
	• прецизионный скальватель	1	2	1000-1500
	• комплект инструментов для монтажа ОК	1	1	800-1500
	• микроскоп (x400)	1	2	500-1000
	• катушка ОВ (1000 м)	1	1	400-600
Оборудование для прокладки ОК	• стеклопруток с тележкой (длина 150 м)	1	1	500-1000
	• мотопомпа	1	1	800-1000
Средства связи	• радиотелефон	1	1	800-1000
	• комплект оптофонов с оптической прищепкой	1	2	1000-7000
	• пейджер	По количеству членов АВБ		50-100
Электропитающее оборудование	бензогенератор	1	1	1 000-2000

*Стоимость оборудования зависит от фирм-производителей и комплектации.

оборудованием необходимо рассматривать для каждого конкретного случая отдельно, обработав достаточно большой объем информации.

Состав и квалификация персонала АВБ, безусловно, влияет как на скорость, так и на качество работ по восстановлению оптического кабеля при авариях. В настоящее время проблема состоит в том, что количество бригад, занимающихся монтажом оптического кабеля, растет намного быстрее, чем их квалификация.

Примеры построения баз данных

Квалифицированно созданная и оперативно корректируемая база данных (БД) дает возможность уменьшить время, затрачиваемое на определение мест повреждения оптического кабеля при аварии.

В идеале база данных должна состоять из двух частей. Первая часть хранится в виде твердой копии (альбомов), вторая – в электронном виде, на жестком диске компьютера. Электронная версия БД регулярно копируется, причем периодичность копирования зависит от интенсивности изменения БД.

Первая часть необходима при эксплуатации сети ВОЛС любого объема. В ее состав входят следующие альбомы:

- Паспорта на смонтированные ВОЛС
- Протоколы входного контроля оптического кабеля на барабанах
- Протоколы контрольных измерений строительных длин после прокладки
- Паспорта на разветвительные муфты оптического кабеля
- Картограммы прокладки кабеля с расстояниями между колодцами кабельной канализации и указанием колодцев, в которых находятся соединительные муфты
- Схемы прокладки оптического кабеля по зданиям на оконечных пунктах
- Протоколы эксплуатационных измерений.

Объем второй части базы данных зависит от структуры сети ВОЛС и ее технического состояния. Предложенный ниже состав этой части БД отражает опыт эксплуатации ВОЛС Киевской городской дирекции Укртелекома. Электронную базу данных составляет ряд взаимосвязанных таблиц:

- **Таблица, содержащая данные об эксплуатируемых оптических кабелях**, такие как номер кабеля, информация о направлении связи, паспортная длина и емкость, рабочая длина волны оптоволокна, типы разъемов на оконечных устройствах, дата приемки, марка оптического кабеля, типы муфт, значение

расчетного затухания. К таблице прилагаются рефлектограммы одного из оптических волокон каждого оптического кабеля в двух направлениях, с данными о расстоянии от оконечных пунктов до всех муфт.

- **Таблица загрузки оптического волокна** на направлениях связи, содержащая информацию о номерах оптического кабеля на каждом направлении и количестве оптических волокон, подключенных к ВОСП, типах разъемов на оконечных устройствах, а также количестве запасных и поврежденных оптических волокон.
- **Таблица обрывов на оптоволокне**. Содержит следующие данные: номер оптического кабеля, номер оптического волокна, направление связи, расстояния от обрыва до оконечных пунктов, а также расстояния от обрыва до ближайших муфт в обоих направлениях, дату определения, дату устранения, примечания. К таблице прилагаются рефлектограммы всех оптических волокон, имеющих обрывы в обоих направлениях.
- **Таблица оптических волокон с повышенным километрическим затуханием**. Включает информацию о номере оптического кабеля, номере оптического волокна и направлениях связи. К таблице прилагаются рефлектограммы всех оптических волокон с повышенным затуханием в обоих направлениях.
- **Таблица текущего ремонта ВОЛС** с информацией о номере оптического кабеля и оптического волокна, направлении связи, датах обнаружения и ремонта, характере повреждения.
- **Таблица аварийного ремонта ВОЛС** с информацией о номере оптического кабеля, направлении связи, емкости кабеля, количестве поврежденных ОВ, дате и времени оповещения о повреждении и его устранения, причине аварийного повреждения.

Набор инструментов, необходимых для монтажа ВОЛС





Муфты оптического кабеля

- **Таблица аварийного запаса оптического кабеля** с информацией о марках и количестве кабеля.

Для дальнейшего уменьшения затрат времени на ремонт ВОЛС баз данных, несмотря на достаточной большой ее объем, необходимо совершенствовать. Наиболее действенным способом усовершенствования БД является перенос информации с картограмм прокладки оптического кабеля, из таблицы эксплуатируемых кабелей и таблицы загрузки оптоволокна по направлениям связи на компьютерную карту города с привязкой данных к местности.

Уровень эксплуатации ВОЛС значительно возрастает при наличии в спецавтомобиле портативного компьютера с усовершенствованной базой данных.

На черный день

Для быстрого восстановления оптического кабеля после аварий необходимо иметь аварийный запас кабеля и материалов. Аварийный запас (АЗ) должен включать, как минимум, аварийные вставки (250 м) всех типов эксплуатируемых оптических кабелей максимальной емкости. При больших объемах сети ВОЛС целесообразно иметь аварийные вставки различной емкости для каждого типа кабеля.

Состав аварийного запаса зависит от типов эксплуатируемых кабелей и их емкости, а величина – от протяженности обслуживаемой сети ВОЛС.

Аварийный запас оптического кабеля возобновляется по мере использования. Контрольные измерения оптических параметров и длин оптического кабеля проводятся один раз в три года.

В аварийный запас следует также включать муфты для соединения оптического кабеля с комплектацией под различную емкость эксплуатируемых ВОЛС. Запас муфт тоже необходимо пополнять по мере их использования.

При аварийном ремонте ВОЛС выполняются следующие работы:

- сбор АВБ;
- определение расстояния до места повреждения ОВ в ОК;

- локализация повреждения ОК;
- прокладка аварийной вставки ОК;
- монтаж аварийной вставки ОК;
- контрольные измерения ОК и восстановление связи.

Определение мест повреждений

Основные причины аварийных повреждений ВОЛС следующие (см. рисунок):

- а) вредительство с целью хищения медных кабелей из каналов кабельной канализации;
- б) неквалифицированные строительные работы с разрытием грунта;
- в) повреждение грызунами.

Анализ причин повреждений ВОЛС приведен в статье "ВОЛС в заботливых руках" (Кабыш С. Сети и телекоммуникации. 2003. № 1-2).

Злоумышленник обычно надрезает или прожигает оболочку ОК, чтобы определить наличие меди, повреждая при этом часть оптических волокон. Иногда пропадает целый пролет кабеля между колодцами (однако отсутствие меди весьма разочаровывает похитителей). В подобных случаях повреждение оптического кабеля после измерений визуально определяется в соответствующих колодцах кабельной канализации.

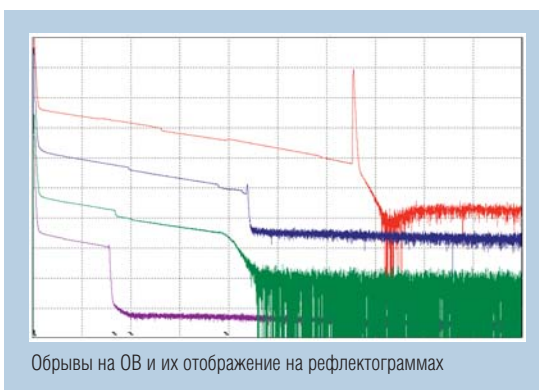
Оптический кабель, поврежденный:
а) ворами; б) строителями; в) грызунами



При неквалифицированных строительных работах кабель обрывается полностью либо частично с повреждением каналов кабельной канализации. В этих случаях место повреждения определяется довольно легко при визуальном осмотре мест разрытия грунта на трассе оптического кабеля в определенном измерителем районе.

Когда кабель подвергается нападению грызунов, обычно на протяжении некоторого времени (от одного часа до суток) в одном и том же месте появляются обрывы на разных оптических волокнах. В этих случаях место повреждения, как правило, визуально не определяется, так как оно скрыто в канале кабельной канализации. Ситуация проясняется лишь после извлечения поврежденного кабеля при прокладке аварийной вставки.

Быстрота и точность при определении расстояния до места повреждения оптоволокна в оптическом кабеле зависят от квалификации измерителя и технических характеристик оптического рефлектометра. На рисунке приведены четыре рефлектограммы, отображающие обрывы оптического волокна. Необходимо отметить, что отображение обрыва ОВ на рефлектограмме нельзя связывать с его причиной, однако вид рефлектограммы красного цвета наиболее характерен для торца оптоволокна, армированного разъемом либо сколотого перед сваркой.



Обрывы на ОВ и их отображение на рефлектограммах

При наличии соединительных муфт на ВОЛС необходимо определить расстояние от обрыва до ближайшей муфты. Поскольку при повреждении оптического кабеля обрывы могут быть в нескольких местах, для определения длины аварийной вставки необходимы следующие величины:

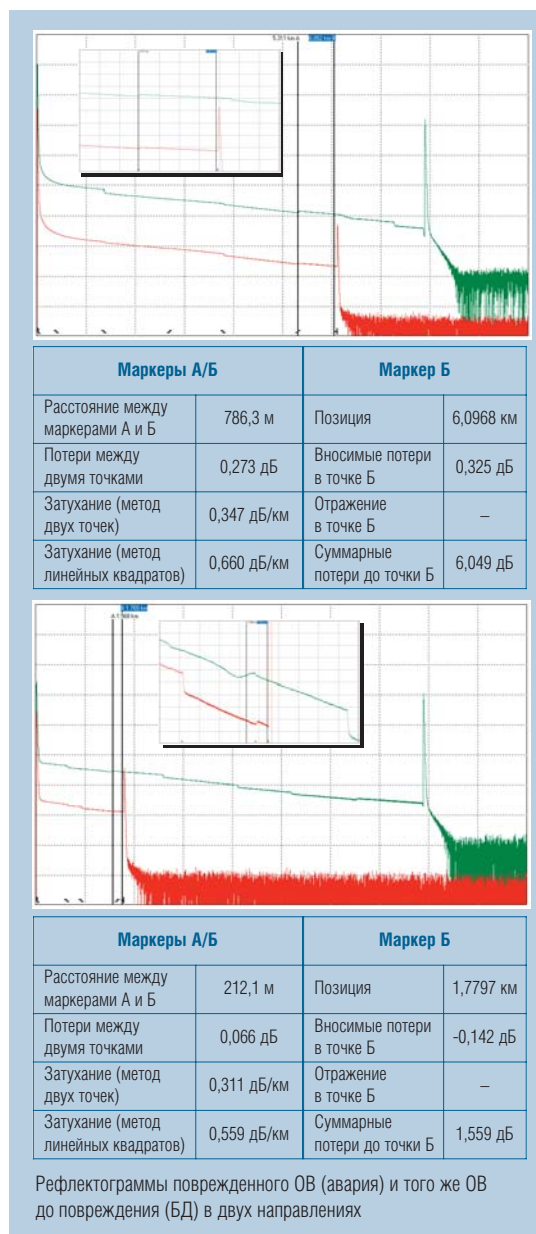
- *L обр. А* – расстояние до обрыва от оконечного пункта А;
- *L обр. В* – расстояние до обрыва от оконечного пункта В;
- *L обр. МА* – расстояние до обрыва от ближайшей муфты со стороны оконечного пункта А (хранится в БД);

- *L обр. МВ* – расстояние до обрыва от ближайшей муфты со стороны оконечного пункта В (хранится в БД).

В данном случае необходимы рефлектограммы оптоволокна из БД, так как они содержат информацию о расстоянии от оконечных пунктов до муфт. На рефлектограммах, снятых при аварийных измерениях, при затухании на сварных соединениях в муфтах, близких к нулю и не зарегистрированных рефлектометром как неотраженные события, значения *L обр. МА* и *L обр. МВ* будут определяться с большей погрешностью, чем при использовании рефлектограмм базы данных.

$L обр. А + L обр. В = L п$, где *L п* – общая паспортная длина поврежденного оптического кабеля. Можно считать, что кабель поврежден в одном месте.

На рисунках показаны рефлектограммы поврежденного ОВ (авария) и того же ОВ до повреждения (БД) в двух направлениях



Маркеры А/Б		Маркер Б	
Расстояние между маркерами А и Б	786,3 м	Позиция	6,0968 км
Потери между двумя точками	0,273 дБ	Вносимые потери в точке Б	0,325 дБ
Затухание (метод двух точек)	0,347 дБ/км	Отражение в точке Б	–
Затухание (метод линейных квадратов)	0,660 дБ/км	Суммарные потери до точки Б	6,049 дБ

Маркеры А/Б		Маркер Б	
Расстояние между маркерами А и Б	212,1 м	Позиция	1,7797 км
Потери между двумя точками	0,066 дБ	Вносимые потери в точке Б	-0,142 дБ
Затухание (метод двух точек)	0,311 дБ/км	Отражение в точке Б	–
Затухание (метод линейных квадратов)	0,559 дБ/км	Суммарные потери до точки Б	1,559 дБ

Рефлектограммы поврежденного ОВ (авария) и того же ОВ до повреждения (БД) в двух направлениях

вреждения (БД), используемые для определения значений $L_{обр. А}$, $L_{обр. МА}$, $L_{обр. В}$, $L_{обр. МВ}$.

Быстрота локализации повреждения ОК зависит от квалификации специалистов и актуальности информации в БД.

При этом необходимо помнить, что длина трассы прокладки ($L_{тр}$) оптического кабеля по картограмме, его длина по мерным меткам на оболочке ($L_{ок}$) и длина ОВ ($L_{ов}$) при измерении оптическим рефлектометром – величины взаимозависимые, но различные. Практически всегда $L_{тр} < L_{ок} < L_{ов}$. Разница между $L_{ок}$ и $L_{тр}$ обусловлена запасом оптического кабеля для монтажа муфт (не менее 8 м на каждом конце строительной длины), выкладкой кабеля в колодцах кабельной канализации и его запасом на оконечных пунктах.

Разница между $L_{ок}$ и $L_{ов}$ зависит от конструкции оптического кабеля, коэффициента скрутки и запаса оптоволокна при монтаже муфт и оконечных устройств. Для более точного определения места повреждения на местности по данным измерений оптоволокна необходимо отметить на картограмме точки от ближайших двух муфт (при их наличии) на расстояниях $L_{обр. МА}$ и $L_{обр. МВ}$.

При отсутствии муфт на картограмме отмечаются точки от оконечных пунктов до обрыва ($L_{обр. А}$ и $L_{обр. В}$).

В области этих двух точек и будет, вероятнее всего, находиться повреждение оптического кабеля.

Аварийная вставка кабеля прокладывается таким образом, чтобы запаса оптического кабеля хватило на монтаж муфт. При повреждении ОК в колодце кабельной канализации аварийная вставка прокладывается в два пролета в обе стороны от колодца с поврежденным кабелем. При повреждении кабеля в пролете кабельной канализации возможна прокладка аварийной вставки в одном пролете при условии достаточного запаса кабеля для монтажа муфт.

Максимальная скорость восстановления кабеля достигается одновременным монтажом двух муфт аварийной вставки, но для этого необходимы два оборудованных спецавтомобиля. При наличии одного спецавтомобиля монтаж муфт проводится поочередно.

При монтаже аварийной вставки измеряются следующие параметры ВОЛС:

- расстояние до каждой из муфт;
- общая длина отремонтированного оптического кабеля;
- потери на сварном соединении для каждого оптического волокна в каждой муфте.

После окончания монтажа аварийной вставки проводятся контрольные измерения затуха-

ния всех оптических волокон данного оптического кабеля в двух направлениях методом вносимых потерь. В память рефлектометра записываются рефлектограммы одного из оптических волокон данного кабеля в двух направлениях – для базы данных.

Затем по рабочей схеме включаются волоконно-оптические системы передач. После доклада диспетчеру и возвращения аварийно-восстановительной бригады на базу аварийный ремонт можно считать завершенным.



Сварочный аппарат и прецизионный скальпель

Необходимо добавить, что информация о ремонте должна быть внесена в таблицу аварийного ремонта ВОЛС.

Каждый раз, когда происходит авария, необходимо выяснить ее характер и причину, а также проанализировать следующие моменты:

- оперативность работы АББ;
- эффективность использования приборов, механизмов и оборудования;
- эффективность профилактических мер, направленных на предупреждение аварийных повреждений.

Сергей КАБЫШ

vols@ukr.net

ВОЛС:

ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ

Уважаемые читатели!

Мы начинаем публиковать на страницах нашего издания ответы специалистов-практиков на наиболее актуальные из ваших вопросов. В этот раз мы обсудим нюансы технического обслуживания и аварийного ремонта волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), поскольку в редакцию поступил ряд писем, свидетельствующих о живом интересе читателей к данной теме.

Это, собственно, и побудило нас ввести новую под рубрику.

Мы искренне рады наличию обратной связи, и в следующих выпусках мы коснемся и других интересующих вас тем.

Надеемся наладить максимально продуктивный диалог.

Пишите нам по адресу os@comizdat.com.

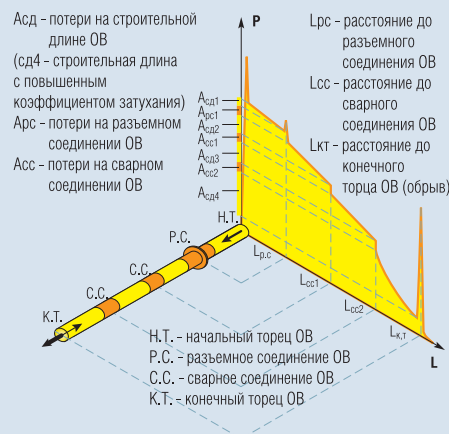
Что позволяет измерить оптический рефлектометр?

Оптическая рефлектометрия (ОР) основана на регистрации обратного рассеяния излучения в оптическом волокне (ОВ) кабеля при прохождении оптического импульса и на измерении зависимости мощности этого излучения от времени прохождения сигнала.

Оптическая рефлектометрия позволяет определить распределение оптических потерь по длине ОВ, расстояние до неоднородностей, мест соединений ОВ, мест обрыва, а также затухание на распределенных и локальных неоднородностях, затухание в местах соединений ОВ и затухание на строительных длинах ОВ.

Локальные неоднородности и места неразъемных соединений ОВ принято называть *неотражающими событиями*, а разъемные соединения и обрывы – *отражающими*. ОР позволяет определить величину коэффициента отражения на отражающих событиях.

События на ОВ и их отображение на рефлектограмме





Оптические рефлектометры

Таблица событий рефлектограммы многомодового ОВ вызывает резонный вопрос. Почему на неотражающем событии № 5 (сварное соединение на расстоянии 4171,7 м) мы наблюдаем усиление сигнала (-0,077дБ) вместо затухания? Ведь это стандартное многомодовое ОВ (МСЭ-Т G.651).

Действительно, при сварном соединении ОВ мы нередко можем наблюдать на рефлектограммах скачок с обратным знаком. Это связано с некоторым несоответствием оптических и геометрических характеристик свариваемых ОВ. Потери на сварном соединении ОВ определяются как среднеарифметическая сумма потерь в двух направлениях. И если в одном направлении сварное соединение ОВ на рефлектограмме будет регистрироваться с усилением сигнала, то в обратном направлении оно обязательно будет зарегистрировано с затуханием сигнала. Однако это не обязательно, так как сварное соединение ОВ на рефлектограмме может регистрироваться с затуханием в обоих направлениях.

Определив соответствие неотраженных событий на рефлектограммах многомодового ОВ в двух направлениях (M2, ..., M6), можно определить реальные потери на сварных соединениях ОВ. Максимальные потери на сварном соединении ОВ в данном случае составляют 0,02 дБ на M3. Учитывая, что максимально допустимые потери на сварном соединении составляют 0,15 дБ (номинальные 0,1 дБ), потери на сварных соединениях данного ОВ в норме.

Если измерение потерь на сварном соединении проводится оптическим рефлектометром, то сварочный аппарат поможет приблизительно оценить потери по геометрическим характеристикам соединения ОВ (например, по величине осевого смещения сердцевин).

Диаграмма показывает различие между результатами измерения потерь на сварном соединении оптическим тестером и их оценкой посредством сварочного аппарата.

Сергей КАБЫШ
vols.ukr.net



Рефлектограмма многомодового ОВ

Таблица событий

№ п/п	Тип события	Расстояние, км	Отражение, дБ	Вносимые потери, дБ	Затухание, дБ/км	Суммарные потери, дБ
1	Отражающее	0,0000	-28,378	0,000	1,206	—
2	Отражающее	1,3446	-27114	1,770	0,807	1,709
3	Неотражающее	2,3799	—	0,417	0,830	4,348
4	Неотражающее	3,3231	—	0,118	0,890	5,550
5	Неотражающее	4,1717	—	-0,077	1,122	6,438
6	Неотражающее	5,0184	—	0,411	0,788	7,317
7	Конец	5,6713	-15,367	—	—	8,251

Рефлектограммы многомодового ОВ в двух направлениях

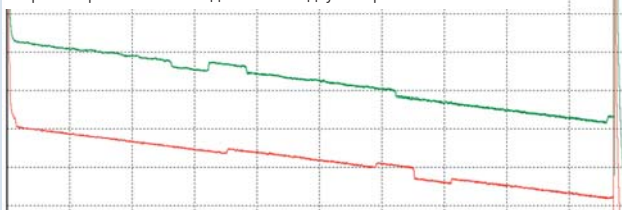


Таблица событий

№ п/п	Тип события	Отражение, дБ	Вносимые потери, дБ	Затухание, дБ/км	Суммарные потери, дБ
1	Отражающее	-32,639	0,000	0,334	—
2	Неотражающее M2 (4262 м)	—	0,145	0,321	0,558
3	Неотражающее M3 (3903 м)	—	-0,234	0,325	0,819
4	Неотражающее M4 (3540 м)	—	0,151	0,294	0,703
5	Неотражающее M5 (3328 м)	—	-0,001	0,333	0,921
6	Неотражающее M6 (2109 м)	—	0,151	0,318	1,321
7	Отражающее	-16,660	-5,536	-22,396	2,082

Таблица событий

№ п/п	Тип события	Отражение, дБ	Вносимые потери, дБ	Затухание, дБ/км	Суммарные потери, дБ
1	Отражающее	-30,419	0,000	0,353	—
2	Неотражающее M6 (3716 м)	—	-0,120	0,336	0,828
3	Неотражающее M5 (2504 м)	—	-0,005	0,367	1,117
4	Неотражающее M4 (2287 м)	—	-0,120	0,355	1,198
5	Неотражающее M3 (1922 м)	—	0,274	0,366	1,207
6	Неотражающее M2 (1564 м)	—	-0,119	0,330	1,613
7	Конец	-13,092	—	—	2,015

Результаты измерения потерь при помощи мультиметра и их оценки посредством сварочного аппарата

