

Принимаем ВОЛС в эксплуатацию

Как известно, комплекс приёмо-сдаточных измерений позволяет проверить оптические характеристики принимаемой в эксплуатацию ВОЛС на соответствие нормам, но не гарантирует качество монтажа. Как же квалифицированно принять в эксплуатацию ВОЛС на городских сетях связи?

И вот, монтаж волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) завершен. Системы передачи подключены и работают стабильно. Казалось бы, что еще нужно? Однако то, что волоконно-оптические системы передачи работают нормально, еще не значит, что монтаж ВОЛС выполнен качественно.

Нормы коэффициентов затухания оптического волокна				
Тип ОВ в ОК	Длина волны, нм	Скорость передачи, Мбит/с	Максимальный коэффициент затухания, дБ/км	Регламентирующий документ
Одномодовый ОК	1310	2488,32	0,5	G.652.A
	1550		0,4	
	1310	9953,28	0,4	G.652.B
	1550		0,35	
Многомодовый ОК	850	-	4	G.651
	1300		2	

По степени важности квалифицированно проведенные приемо-сдаточные измерения на ВОЛС уступают разве что качественно проведенным монтажным работам. Это связано вот с чем: от того, какую ВОЛС вы примете в эксплуатацию, зависит дальнейшее качество и надежность работы, а также величина затрат на текущий ремонт.

Кроме того, чем больше реальные характеристики принимаемой в эксплуатацию ВОЛС соответствуют показателям, занесенным в базу данных, тем профессиональнее будет в дальнейшем проводиться эксплуатация и техническое обслуживание данной ВОЛС.

Входной контроль оптического кабеля

Для квалифицированной эксплуатации ВОЛС необходимы следующие документы:

- заводские паспорта на оптический кабель;
- протоколы измерения затухания строительных длин оптического кабеля после прокладки;
- паспорта на соединительные муфты оптического кабеля;
- паспорт на смонтированную ВОЛС.

Заводские паспорта на оптический кабель необходимы при входном контроле кабеля и должны содержать следующую информацию:

- марка оптического кабеля;
- длина оптического кабеля;

- данные метражных меток;
- очередность оптических волокон в кабеле;
- коэффициент затухания оптического волокна на двух длинах волн в двух направлениях;
- коэффициент широкополосности оптического волокна на двух длинах волн (многомодовый оптический кабель (ММ));
- коэффициент хроматической дисперсии ОВ на двух длинах волн (одномодовый оптический кабель (ОМ));
- коэффициент преломления оптоволокна для двух длин волн.

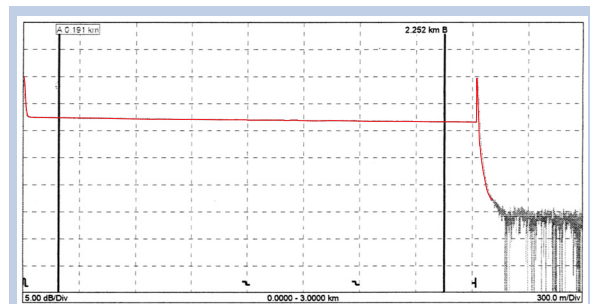
Протокол входного контроля оптического кабеля позволяет оценить соответствие оптических характеристик нормам, он должен содержать следующую информацию:

- марка кабеля;
- № барабана с кабелем;
- физическая длина кабеля по метражным меткам;
- данные измерительного прибора (модель и серийный номер рефлектометра, дата поверки);
- параметры измерений (длина волны излучения (λ , нм), коэффициент преломления (n), длительность импульса (t , мс));
- характеристики всех оптических волокон измеряемого кабеля (оптическая длина (L , м), паспортный и измеренный коэффициент затухания (α , дБ/км)).

Рекомендуется проводить входной контроль для многомодового оптического кабеля на длине волны излучения, равной 1300 нм, а для одномодового оптического кабеля – на длине волны, равной 1550 нм. Хотя, по желанию заказчика возможно проведение входного контроля на двух длинах волн:

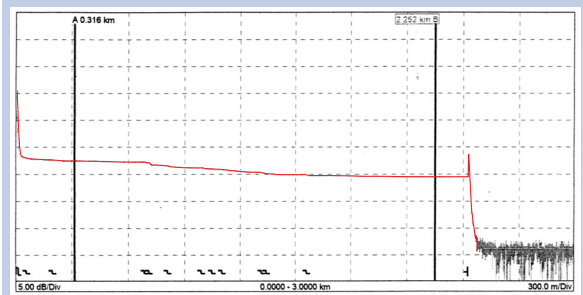
- для многомодового оптического кабеля – на длинах 850 и 1300 нм;
- для одномодового оптического кабеля – на длинах 1310 и 1550 нм.

На рисунке справа показаны рефлектограммы входного контроля одного и того же одномодового оптоволокна на двух длинах волн. Причем на длине волны, равной 1310 нм, оптические характеристики оптоволокна в норме (максимальный коэффициент затухания = 0,352 дБ/км, затухание на локальных неоднородностях < 0,1 дБ). На длине волны, равной 1550 нм, коэффициент затухания повышен до 1,568 дБ/км и наблюдаются локальные неоднородности с затуханием выше 0,1 дБ. Незначительное различие величины оптической длины оптоволокна (2,4202 км на длине волны $\lambda=1310$ нм и 2,4256 км на длине



Информация по маркерам		Параметры измерения	
Маркеры А/Б		Диапазон	0,0 - 3,0 км
Расстояние между маркерами А/Б	2,0612 км	Длительность импульса	10 нс
Потери между 2-мя точками	0,725 дБ	Длина волны	1310 нм
Затухание (метод двух точек)	0,352 дБ/км	Коэффициент преломления	1,467

Таблица событий						
№ п/п	Тип события	Расстояние, км	Отражение, дБ	Вносимые потери, дБ	Затухание, дБ/км	Суммарные потери, дБ
1	Отражающее	0,0000	-39,257	0,000	0,354	-----
2	Неотражающее	1,1958	-----	0,047	0,326	0,413
3	Неотражающее	1,7827	-----	0,019	0,337	0,618
4	Конец	2,4202	-46,497	-----	-----	0,860



Информация по маркерам		Параметры измерения	
Маркеры А/Б		Диапазон	0,0 - 3,0 км
Расстояние между маркерами А/Б	1,9363 км	Длительность импульса	10 нс
Потери между 2-мя точками	3,028 дБ	Длина волны	1550 нм
Затухание (метод двух точек)	1,568 дБ/км	Коэффициент преломления	1,467

Таблица событий						
№ п/п	Тип события	Расстояние, км	Отражение, дБ	Вносимые потери, дБ	Затухание, дБ/км	Суммарные потери, дБ
1	Отражающее	0,0000	-39,758	0,000	-----	-----
2	Неотражающее	0,0573	-----	0,140	1,283	0,220
3	Неотражающее	0,1973	-----	0,118	0,592	0,539
4	Неотражающее	0,6872	-----	0,104	0,592	0,926
5	Неотражающее	0,7101	-----	0,346	1,899	1,104
6	Неотражающее	0,8103	-----	0,182	1,418	1,641
7	Неотражающее	0,9914	-----	0,066	1,418	2,079
8	Неотражающее	1,0482	-----	0,068	1,418	2,234
9	Неотражающее	1,1027	-----	0,079	2,162	2,374
10	Неотражающее	1,3161	-----	0,044	2,162	2,910
11	Неотражающее	1,3419	-----	0,118	0,651	3,079
12	Неотражающее	1,5625	-----	0,124	0,372	3,337
13	Отражающее	2,4256	-----	-----	-----	3,770

волны $\lambda = 1550$ нм) обусловлено тем, что рефлектограммы снимались при одинаковом коэффициенте преломления ($n=1,467$) для двух длин волн.

Протокол измерений строительных длин ОК

Протоколы измерения затухания строительных длин оптического кабеля после прокладки позволяют косвенно оценить ее качество, показывают состояние оптоволокну перед монтажом и должны содержать следующую информацию:

1. Марка оптического кабеля и номер барабана с кабелем, проложенным на каждой строительной длине.
2. Очередность укладки строительных длин на ВОЛС.
3. Данные измерительного прибора и параметры измерений.
4. Оптическая длина каждой строительной длины оптического кабеля.
5. Коэффициент затухания всех оптических волокон каждой строительной длины оптического кабеля.

Протокол измерений строительных длин оптического кабеля после прокладки необходим в случае ухудшения оптических параметров оптоволокну во время гарантийного срока эксплуатации, при предъявлении иска изготовителю кабеля для подтверждения качества прокладки.

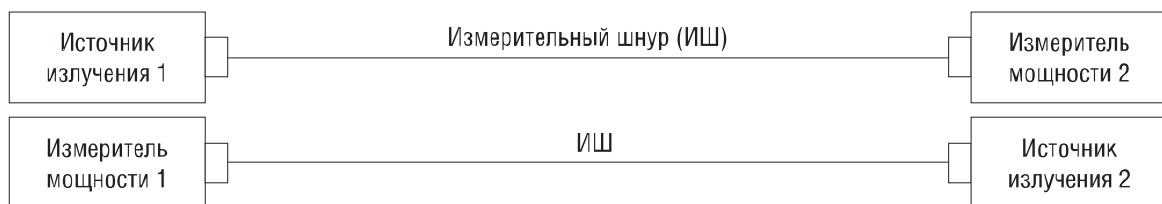
Паспорта на муфты и смонтированные ВОЛС

Паспорта на смонтированные соединительные муфты оптического кабеля содержат информацию о потерях на сварных соединениях, которая дублируется в паспорте на смонтированную ВОЛС. Однако при монтаже разветвительных муфт паспорта на них необходимы, так как должны содержать дополнительную информацию о схеме монтажа оптоволокну.

Паспорт на смонтированную ВОЛС является наиболее информативным документом и должен содержать следующие данные:

1. Характеристики ВОЛС (наименование оконечных пунктов, тип оптических муфт, тип оптических разъемов на оконечных устройствах, номера барабанов оптического кабеля на каждой строительной длине).
2. Характеристики оптического кабеля (номер и марка кабеля).
3. Характеристики оптических приборов (тип прибора, заводской номер, дата поверки, инструментальная погрешность измерений).
4. Параметры измерений.
5. Данные измерений оптического кабеля (оптическая длина кабеля, расстояние до каждой муфты).
6. Данные измерений по каждому волокну (коэффициенты затухания всех строительных длин, потери на сварных соединениях во всех муфтах, суммарное затухание смонтированного ОВ в двух направлениях).

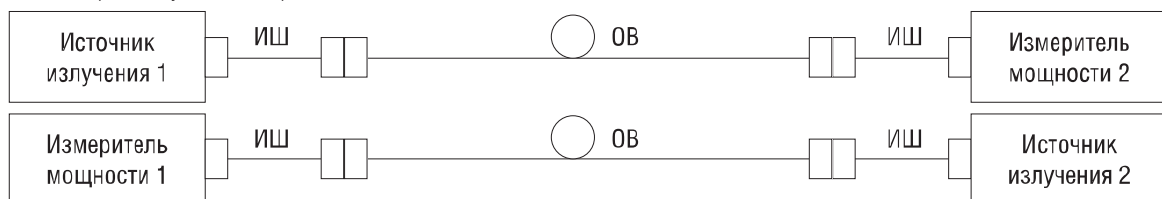
Определение базового уровня оптической мощности



Определение контрольного уровня оптической мощности



Схема измерения затухания смонтированных волокон



Измерение затухания оптоволоконна

При приемо-сдаточных измерениях необходимо провести измерения затухания всех смонтированных волокон в двух направлениях методом вносимых потерь.

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

$$A_{\text{изм}} = \alpha \times L + A_{\text{н.с.ном}} \times N_{\text{н.с.}} + A_{\text{р.с.макс}} \times N_{\text{р.с.}}, \text{ дБ}$$

α – километрическое затухание оптоволоконна, дБ/км;

L – общая длина ОВ, км;

$A_{\text{н.с.ном}}$ – номинальное затухание на неразъемном соединении (сварка), дБ;

$N_{\text{н.с.}}$ – количество неразъемных соединений;

$A_{\text{р.с.макс}}$ – максимально допустимое затухание на разъемном соединении, дБ;

$N_{\text{р.с.}}$ – количество разъемных соединений.

Если $A_{\text{изм}} \pm \Delta \leq A_{\text{макс}}$, то затухание оптоволоконна считается нормальным.

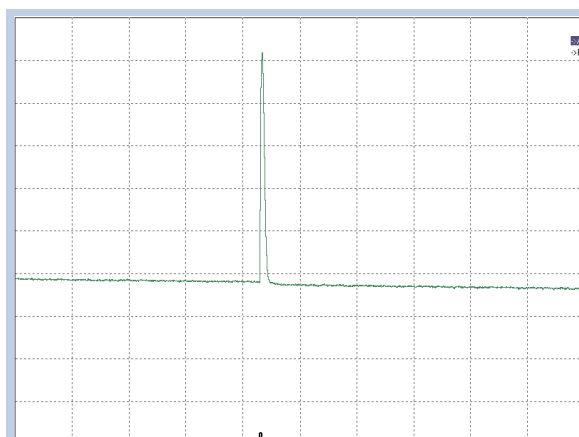
На коротких ВОЛС, где величина затухания оптического волокна соизмерима с затуханием на разъемном соединении и погрешностью измерения при $A_{\text{макс}} \leq 2,5$ дБ, в протоколе измерений допускается вместо фактического значения затухания указывать величину $\leq 2,5$ дБ.

После измерения затухания оптоволоконна в двух направлениях, при условии, что данные измерений в норме, проводится выборочный, а по желанию заказчика и стопроцентный контроль оптическим рефлектометром данных измерений каждого оптоволоконна, указанных в паспорте на смонтированную ВОЛС. При этом необходимо помнить, что далеко не каждая локальная неоднородность является сварным соединением оптоволоконна в муфте, а достаточно много сварных соединений в муфте с затуханием, близким к 0 дБ, не определяются оптическим рефлектометром. Поэтому рефлектограммы, снятые рефлектометром при приемке ВОЛС в эксплуатацию для базы данных, требуют доработки.

Кроме того, по желанию заказчика при помощи рефлектометра и катушки оптоволоконна длиной 1-2 км проверяется затухание оптоволоконна на оконечном устройстве ВОЛС. При использовании

оконечного устройства с технологией подваривания пигтейлов к оптоволоконну линейного оптического кабеля потери на оконечном устройстве будут включать в себя $A_{\text{н.с.}}$ и $A_{\text{р.с.}}$. Так как в связи с короткой длиной пигтейла (1-3 м) определить на оконечном устройстве величины $A_{\text{н.с.}}$ и $A_{\text{р.с.}}$ по отдельности практически невозможно, необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$A_{\text{о.у.}} \leq A_{\text{н.с.макс.}} + A_{\text{р.с.макс.}}$$



Рефлектограмма, снятая при контроле затухания одномодового оптического волокна на оконечном устройстве с фрагментом таблицы событий

№ п/п	Тип события	Расстояние, км	Отражение, дБ	Вносимые потери, дБ	Затухание, дБ/км	Суммарные потери, дБ
1	Отражающее	1,057	-39,72	0,17	0,325	0,329

Условие выполняется: $0,17 < 0,15 + 0,4$

В этих измерениях необходимо учитывать, что их точность во многом зависит от согласованности оптических и геометрических параметров оптоволоконна используемой катушки и пигтейлов на оконечном устройстве ВОЛС.

При приемке ВОЛС в эксплуатацию необходимо выборочно проверить соблюдение технологии монтажа муфт и оконечных устройств, но это не обязательно, если Вас связывают долгосрочные партнерские соглашения с организациями, ведущими строительно-монтажные работы, при условии наличия у них высококвалифицированных специалистов. Альтернативным вариантом является технический надзор при выполнении строительно-монтажных работ.

Сергей Кабыш
vols@ukr.net

Нормы затухания на сварных и разъемных соединениях оптоволоконна

Тип ОВ	Ан.с. ном, дБ	Ан.с. макс, дБ	Ар.с. ном., дБ	Ар.с. макс., дБ
ММ	0,3	0,5	0,5	1,0
ОМ	0,1	0,15*	0,2	0,4

* На городских ВОЛС (L<20 км) Ан.с.макс = 0,2дБ.

** В таблице приведены нормы затухания для типов разъемов, применяемых на сети ВОЛС Киевской городской дирекции ОАО "Укртелеком" (FC/PC, Лист, ЛистX)