

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

Затухание и относительное удлинение волокна

А.Сандалов, генеральный директор ООО "КОМПЕТО"

Критерии оценки качества оптических кабелей в российских стандартах описаны недостаточно подробно. Оптические кабели (ОК) выпускаются для различных способов применения: для прокладки внутри зданий и сооружений, подземные, подвесные (воздушной прокладки), подводные [1]. Однако в любом случае непосредственным средством передачи информации является оптическое волокно (ОВ). Конструкции тех или иных кабелей разрабатываются для защиты волокна от механических и климатических воздействий и могут очень значительно отличаться. Например, ОК для изготовления монтажных шнуров имеет диаметр 900 мкм, а подводный кабель – несколько сантиметров.

Оптические кабели не входят в перечень средств связи, подлежащих обязательной сертификации, однако все операторы связи требуют от поставщиков декларации о соответствии. Основным документом, регламентирующим в России применение ОК, являются "Правила применения оптических кабелей связи, пассивных оптических устройств и устройств для сварки оптических волокон" [1], утвержденные приказом Мининформсвязи РФ от 19.04.2006 № 47. В данном документе описаны области применения кабелей, требования к их устойчивости к механическим и климатическим воздействиям, а также требования к электрическим характеристикам ОК с металлическими конструктивными элементами. Например, допустимое усилие растяжения самонесущих оптических кабелей должно быть не менее 3кН, а устойчивость к температурным воздействиям должна обеспечиваться в диапазоне от -60 до 70°C.

Однако критерии оценки устойчивости в данном документе не приведены. Нет их и в стандарте "ГОСТ Р МЭК 794-1-93 Кабели оптические. Общие технические требования" [2]. В нем лишь указано, что

"затухание в образце не должно превышать значений, указанных в нормативно-технической документации на кабели конкретных марок". На общероссийском уровне это никак не конкретизируется, а указывается только в ТУ отдельных заводов-производителей кабеля, что приводит к крайне неоднозначной оценке качества ОК.

Рассмотрим пример. Оператор связи проводит тендер на закупку самонесущего оптического кабеля, устойчивого к растягивающей нагрузке величиной 15 кН. Как правило, коммерческие предложения различных производителей могут значительно отличаться по цене. Заказчик проверяет наличие у производителей декларации о соответствии данного типа кабеля "Правилам применения" и выбирает продукцию с минимальной ценой. Казалось бы, все логично: ведь в маркировке всех кабелей указаны одни и те же 15 кН. Фактически же по своим техническим характеристикам кабель разных производителей может очень серьезно отличаться. Автору известны случаи, когда число упрочняющих арамидных нитей в конструкции кабелей "одинаковой килоньютоности" отличалось

в 1,5 раза! Разумеется, такие кабели одинаковой функциональностью обладать не будут. Основные причины этой неразберихи – нечеткость критериев в стандартах и невозможность проконтролировать устойчивость закупленного кабеля к внешним воздействиям на площадке монтажа во время входного контроля.

При входном контроле проводят внешний осмотр и измерение затухания волокна [3]. При этом проводится контроль кабеля, на который не действуют механические и климатические нагрузки, что делает совершенно невозможной оценку его работы при понижении температуры, ледовом или ветровом воздействии.

Речь должна идти, в первую очередь, о подвесных ОК, потому что весь срок службы они подвержены циклическим сменам температур, механическим воздействиям. В грунте таких колебаний нет.

Оценить устойчивость кабелей к внешним воздействиям возможно только в специально оборудованной лаборатории. Достаточно оснащенных независимых лабораторий в России сегодня нет, но практически все отечественные кабельные заводы имеют собственные лаборатории. При включении в договор поставки пункта о возможности проведения заводских

приемочных испытаний (ЗПИ), завод сможет их выполнить.

Но и здесь не все просто: как отмечалось ранее, единственным критерием оценки устойчивости кабеля к внешним воздействиям в российских руководящих документах является затухание, при этом четко изменение затухания не лимитируется.

Таким образом, в российских стандартах наблюдается пробел в определении критериев оценки устойчивости ОК к внешним механическим и климатическим воздействиям, то есть в определении существенных критериев качества кабелей. Если не существует собственных отраслевых стандартов, то страна должна пользоваться международными, а Россия является одним из членом Международной электротехнической Комиссии – МЭК (IEC).

В стандартах МЭК четко указаны критерии оценки качества ОК: это прирост затухания ОВ и относительное удлинение волокна под воздействием растягивающей нагрузки (fiber strain). Второй параметр, не упоминающийся в российских стандартах, является очень важным.

Волокно в оптические кабели закладывается с некоторым избытком, то есть длина ОВ в кабеле несколько больше длины самого кабеля. Это делается для того, чтобы растягивающая нагрузка,

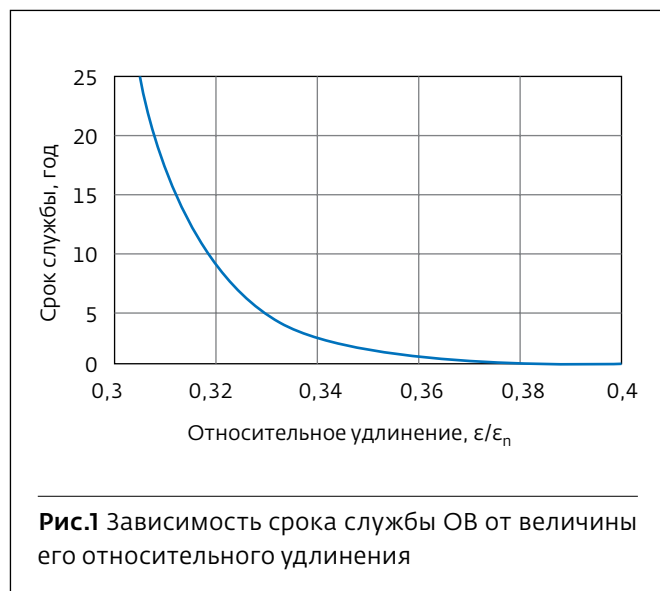
Таблица 1

Тип кабеля	Допустимое относительное удлинение ОВ при краткосрочной нагрузке	Допустимое относительное удлинение ОВ при долгосрочной нагрузке	Регулирующий стандарт
Самонесущие, включая "восьмерку"	0,33%	Не указано	IEC 60794-3-20
Для прокладки в канализации и грунте, навивные	0,60%	0,20%, прирост затухания $\leq 0,05$ дБ/км@1550нм	IEC 60794-3-11
Для речных переходов и прибрежной прокладки	0,60%	0,20%, прирост затухания $\leq 0,05$ дБ/км@1550нм	IEC 60794-3-30

приложенная к кабелю, передавалась на волокно не сразу: сначала растягиваются прочие элементы кабеля, ОВ выпрямляется, и лишь затем оно натягивается и удлиняется.

На заводах по вытяжке оптического волокна после изготовления оно перематывается, как правило, с напряжением 0,69 ГПа, что приводит к относительному удлинению волокна в 1%, то есть 1000 м оптического волокна могут растянуться на 10 м. Это относительное удлинение считается разрушающим, так как нет гарантии целостности волокна при механических напряжениях больше указанного. При этом срок службы оптического волокна зависит от его относительного удлинения под действием растягивающей нагрузки [4].

Принимая во внимание тот факт, что срок службы оптических кабелей по стандарту должен составлять не менее 25 лет [5], из графика на рис.1 видно, что относительное удлинение волокна должно составлять не более 0,3%. Таким образом для обеспечения срока службы кабеля в 25 лет достаточно,



чтобы относительное удлинение ОВ в процессе эксплуатации было примерно в три раза меньше относительного удлинения волокна в процессе его заводской перемотки.

Это правило нашло отражение в стандарте МЭК на самонесущие оптические кабели [6]. Так, согласно текущей второй редакции стандарта IEC 60794-3-20, при воздействии максимально допустимой растягивающей нагрузки относительное удлинение ОВ не должно превышать одной трети от относительного удлинения волокна при перемотке (fiber proof test). При этом прирост затухания должен быть не более 0,05 дБ.

Так как значение fiber proof test равно 1%, то максимальное относительное удлинение волокна в самонесущих ОК не должно превышать 0,33%.

В случае кабелей для прокладки в кабельной канализации, грунте, навивных кабелей и кабелей для речных переходов и прибрежной прокладки допускается относительное удлинение волокна 0,6% при краткосрочной растягивающей нагрузке и 0,2% – при долгосрочной [7, 8]. Это объясняется тем, что в отличие от самонесущих кабелей, испытывающих большие растягивающие нагрузки многократно в течение всего срока службы, остальные кабели испытывают их только в момент прокладки.

Сведем полученные критерии оценки качества ОК кабелей в одну таблицу.

Однако на практике заводы, расположенные на территории России и других стран СНГ, часто поставляют на рынок кабели, качество которых значительно хуже, чем требуют данные стандарты.

На рис.2 приведены результаты испытаний самонесущего ОК с заявленной максимально допустимой растягивающей нагрузкой 7кН. Верхний график описывает изменение затухания в 12 волокнах, выбранных из 32-волоконного кабеля, нижний – относительное удлинение этих же волокон. Видно, что относительное удлинение волокна (Strain) при заявленной

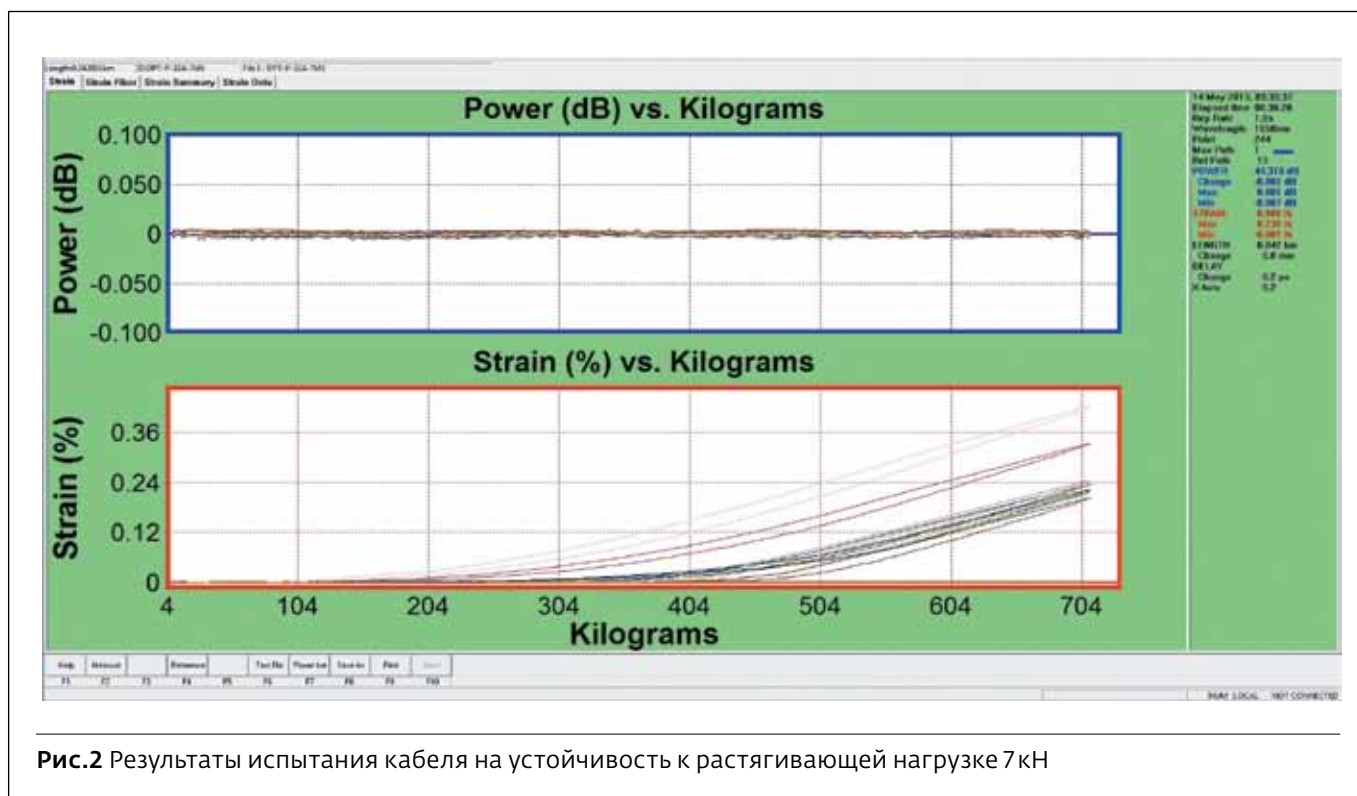


Рис.2 Результаты испытания кабеля на устойчивость к растягивающей нагрузке 7кН

нагрузке 7кН (700 kilograms) составило 0,45%, что в 1,5 раза превышает норму. Хотя в данный момент прирост затухания (Power) не наблюдается, срок службы такого ОК будет небольшим. При измерении затухания волокна в кабеле во время выполнения входного контроля такой недостаток заметить невозможно: требуются испытания в условиях производственной лаборатории.

Некоторые заводы выпускают самонесущие кабели, обеспечивающие относительное удлинение волокна 0,7% при максимально допустимой растягивающей нагрузке. Кроме того, что это более чем в два раза хуже нормы, такой кабель согласно графику на рис.1

будет практически одноразовым. А некоторые производители и вовсе используют в маркировке разрывную нагрузку кабеля вместо максимально допустимой, гарантирующей 25 лет функционирования кабеля. Проверить это при входном контроле невозможно. Надежда у производителей здесь, видимо, на то, что максимальные климатические воздействия возникают один раз в 20 лет, а срок гарантии на кабель у многих заводов всего один год, так что вероятность исполнения гарантийных обязательств невелика. Но стоит ли оператору инвестировать средства в инфраструктуру, построенную на таких кабелях? Не лучше ли организовать

Таблица 2

Наименование	Растягивающее усилие	Деформация ОВ, %		Затухание, дБ	
		Центр. трубка	модуль	Центр. трубка	модуль
Номинальная прочность на разрыв ОК (RTS, Rated Tensile Strength)	≥95% RTS	—	—	—	—
Макс. допустимое растяжение ОК в процессе эксплуатации (MAT, Maximum Allowable Tension)	40% RTS	≤0.1	≤0.05	Нет	Нет
Среднегодовое рабочее растяжение ОК (EDS, Everyday Stress)	25% RTS	Нет	нет	Нет	Нет
Предельное растяжение ОК в процессе эксплуатации (UOS, Ultimate Operation Strength)	60% RTS	≤0.5 (временно)	≤0.35 (временно)	После снятия нагрузки отсутствует явное остаточное затухание	

более строгий выбор поставщика и приемку продукции на заводе?

Безусловно, есть в России и серьезные заводы, ценящие свою репутацию и очень внимательно контролирующие качество выпускаемой продукции. Требования к допустимому относительному удлинению ОК в кабелях таких производителей строже норм для того, чтобы обеспечить некоторый запас надежности кабеля.

Стоит отметить, что вопреки известному заблуждению, требования китайских отраслевых стандартов жестче международных [9]. В табл.2 приведен перевод критериев оценки качества самонесущих оптических кабелей из китайского национального стандарта.

Вот только требования эти обязательны лишь для внутреннего рынка КНР. При экспорте за пределы страны производители вправе изготавливать продукцию по техническим спецификациям заказчика. Легко догадаться, что часть кабеля в Россию поставляется с заниженными требованиями к качеству. Вина в этом не китайского производителя, а импортера, закрывающего глаза на качество продукции в погоне за ее низкой ценой.

Выводы:

Критерии оценки качества оптических кабелей в российских стандартах недостаточно подробно описаны. Необходимо учитывать как прирост затухания, так и относительное удлинение оптических волокон при данной силе растяжения кабеля.

При наличии таких "пробелов" необходимо пользоваться международными стандартами с учетом того, что они периодически обновляются.

При приемке ОК желательно требовать выборочных заводских приемочных испытаний, которые

продемонстрируют устойчивость кабеля к механическим и климатическим воздействиям, а не только затухание волокна на барабане при нормальных условиях окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила применения оптических кабелей связи, пассивных оптических устройств и устройств для сварки оптических волокон. Утверждены приказом Министерства информационных технологий и связи РФ от 19.04.2006 № 47.
2. ГОСТ Р МЭК 794-1-93 Кабели оптические. Общие технические требования.
3. Руководство по строительству линейных сооружений магистральных и внутризональных оптических линий связи. – М.: ССКТЬ-ТОМАСС, 1993.
4. Листвин А.В., Листвин В.Н. Рефлектометрия оптических волокон. – М.: ЛЕСАРпт, 2005, 208 с.
5. ГОСТ Р 52266-2004. Национальный стандарт Российской Федерации. Кабельные изделия. Кабели оптические. Общие технические условия.
6. IEC 60794-3-20:2009. Optical fibre cables – Part 3-20: Outdoor cables – Family specification for self-supporting aerial telecommunication cables.
7. IEC 60794-3-11:2010. Optical fibre cables – Part 3-11: Outdoor cables – Product specification for duct, directly buried, and lashed aerial single-mode optical fibre telecommunication cables.
8. IEC 60794-3-30:2008. Optical fibre cables – Part 3-30: Outdoor cables – Family specification for optical telecommunication cables for lakes, river crossings and coastal application.
9. 中华人民共和国电力行业标准. 全介质自承式光缆. 发布. 实施. DL/T 788—2001. All dielectric self-supporting optical fiber cable. 2001-12-26. 2002-05-01.