

Исследование вопросов старения оптического волокна

Волоконно-оптические кабели применяются в России вот уже более двух десятков лет и соответственно некоторые думающие люди начинают задаваться вопросами: "Теоретически срок службы волоконно-оптических кабелей составляет 25 лет, а как эта цифра согласуется с практикой? Придется ли в скором будущем менять кабели, проложенные в 90-х годах? Сталкивался ли кто-нибудь с выходом оптики из строя из-за старости?"

Действительно, цифра в 25 лет фигурирует в технических условиях компаний-изготовителей оптического кабеля. Несмотря на то, что кабельная промышленность постоянно развивается, разрабатываются новые материалы для кабелей, значение в 25 лет остается пока неизменным. Как в новых технических условиях, так и в старых, (например ТУ К04.037-98 ООО "Саранскабель-Оптика" от 1998 г.) фигурирует цифра 25.

Важно еще отметить, что срок службы устанавливают в ТУ на кабели конкретных марок. В зависимости от конструкции кабеля и области его применения значения срока службы может варьироваться от 2 до 45 лет (что утверждено в ГОСТ Р 52266-2004). Например, для оптических кабелей связи производства ЗАО "ОКС 01" (г. Санкт-Петербург) указывается срок службы 40 лет. Не стоит путать указываемый производителями минимальный срок службы 25 лет с гарантийным сроком. Последний, как правило, составляет 2 года со дня ввода в эксплуатацию и его исчисляют с даты ввода кабеля в эксплуатацию, но не позднее 6 месяцев с даты реализации кабеля заводом-изготовителем.

На сайте Интегра-Кабель можно найти следующую фразу, встречающуюся также и в ТУ: "Срок службы оптических кабелей, включая срок хранения, при соблюдении указаний по монтажу и эксплуатации и при отсутствии воздействий, превышающих указанные в технических условиях, не менее 25 лет". В данной фразе стоит обратить внимание на следующие два момента. Во-первых, заявленный срок службы кабеля будет порядка 25 лет только при соблюдении всех технических режимов изготовления ОВ, при соблюдении технологии прокладки и монтажа кабеля, а также при обеспечении должной защиты волокон от атмосферно-климатических и механических воздействий в процессе эксплуатации. Напомним, что на оптический кабель могут влиять циклическая смена температуры, плесневые грибы, роса, дождь, иней, соляной туман, солнечное излучение и др. факторы.

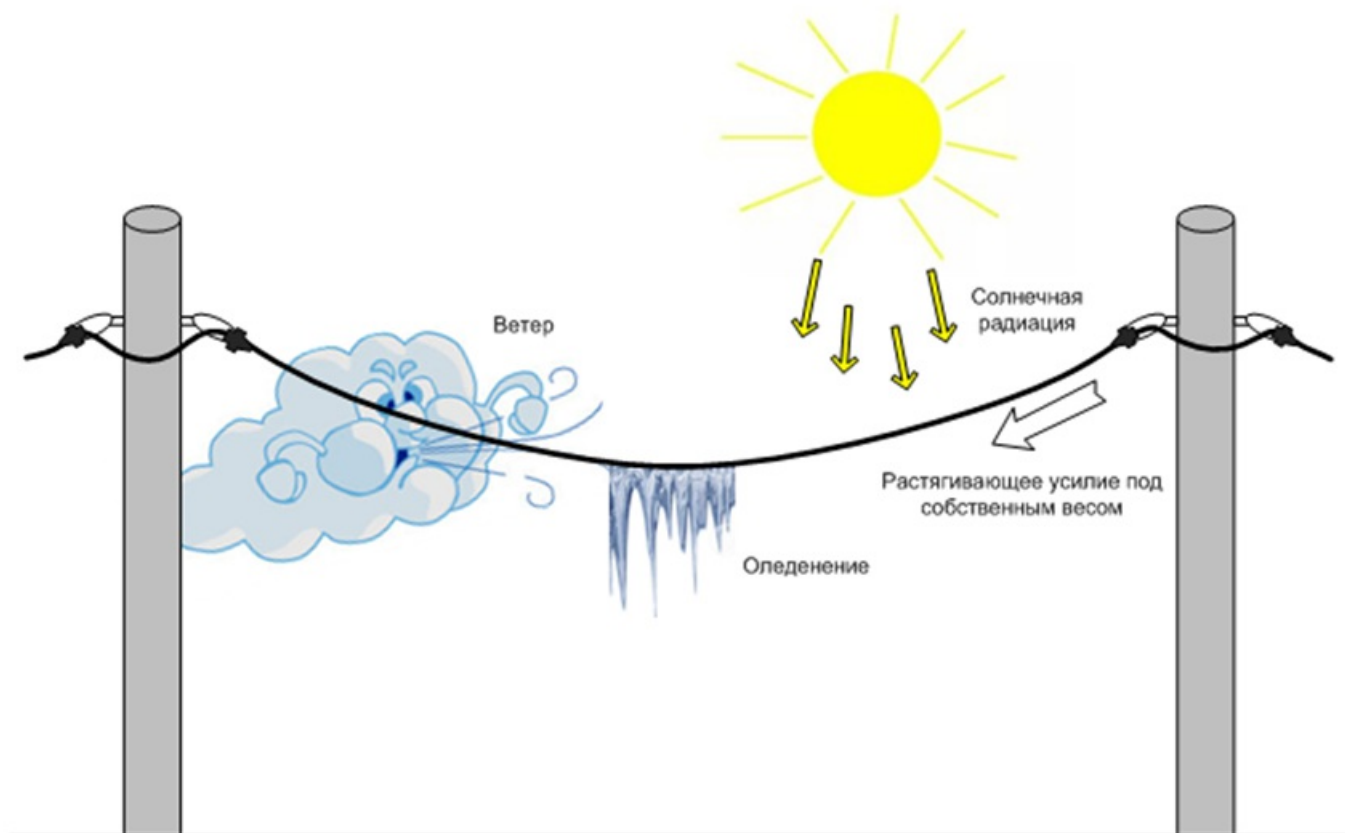


Рис.1

Во-вторых, в срок службы 25 лет входит срок хранения кабеля на барабане. Согласно тем же техническим условиям, минимальный срок сохраняемости кабелей при хранении в отапливаемых помещениях – 25 лет; в полевых условиях под навесом – 10 лет.

Для тех, кто с оптикой особо не знаком, поясним вкратце первый момент: как механические

нагрузки, воздействующие на кабель, а значит потенциально и на волокно, влияют на срок службы последнего. Стекло принято считать очень хрупким материалом, не способным выдерживать различные механические воздействия: растяжение, изгиб и т.д. Если мы возьмем стеклянный цилиндр, например лампы дневного освещения, очевидно, гнуться он не будет. Однако в силу своих микроскопических размеров, стеклянные волокна довольно хорошо изгибаются. Также волокна достаточно прочны на растяжение. Предел прочности волокна на разрыв превосходит ту же величину для стальной нити идентичного размера. Более того, медный проводник должен иметь вдвое больший диаметр, чтобы обеспечить тот же предел прочности, что и волокно.

Основная причина, обуславливающая хрупкость волокна – наличие микротрещин на поверхности и дефектов внутри волокна. При этом поверхностные трещины более существенны (Рис. 2). Они могут возрастать под воздействием нагрузки, приложенной к волокну (волокно подвергается нагрузкам во время производства кабеля, его прокладки, монтажа и дальнейшей эксплуатации).

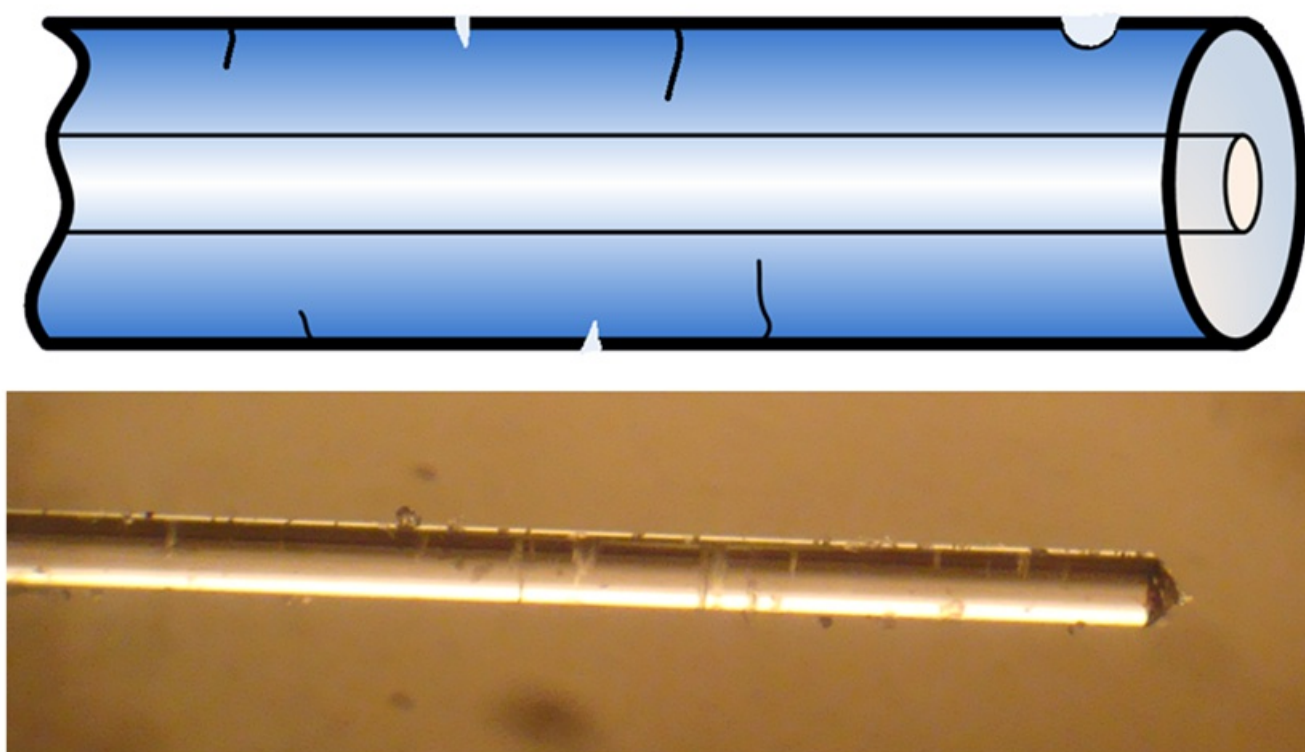


Рис. 2

Теоретическая прочность волокна на растяжение составляет 20 ГПа (или 20 кН/мм²). В реальности из-за различных дефектов, прочность намного ниже – около 5 ГПа (или 5 кН/мм²). Чтобы проверить, насколько данное значение соответствует действительности, был проведен эксперимент, целью которого являлось определение значений предельно допустимой нагрузки на разрыв современных волокон G.652 и G.657. Сразу стоит отметить, что эксперимент проводился на "бытовом уровне", без применения высокоточного выверенного измерительного оборудования. Поэтому о высокой точности полученных результатов мы не говорим. В качестве движущей силы выступал энтузиазм, измерительная установка собиралась "на коленке". Конечно, подобные испытания проводятся при изготовлении волокон, однако эти сведения нам недоступны. Эксперимент заключался в следующем. Были взяты 20 отрезков волокна серии G.652 SMF28+ Conring inc. (рис. 3) и 10 отрезков волокна серии G.657. Для каждого образца измерены значения предельно допустимой нагрузки на разрыв.

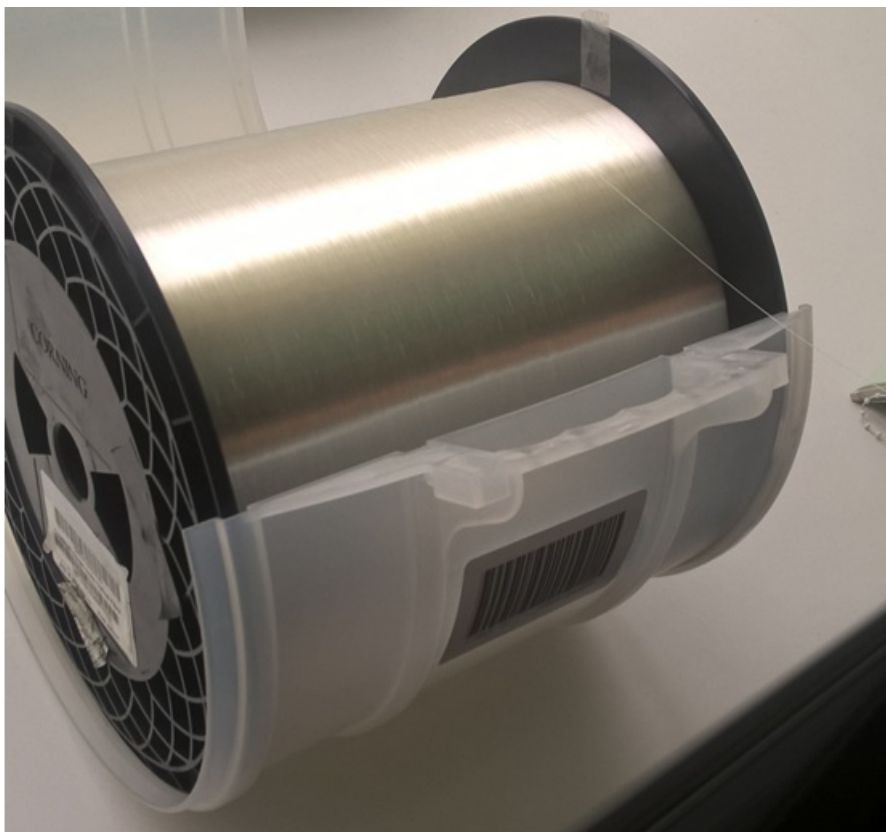


Рис. 3 Волокна серии G.652 SMF28+ Corning inc.

После серии испытаний и расчетов погрешностей получилось, что среднее значение предельно допустимого растягивающего усилия оптического волокна G.652 Corning составляет $57,202 \pm 1,170$ Н, среднее значение предельно допустимого растягивающего усилия волокна G.657 – $62,8 \pm 0,2$ Н. По данным результатам можно сделать вывод о том, что волокна G.657 несколько прочнее на разрыв оптических волокон G.652. Данный результат объясняется наличием в конструкции ОВ G.657 плотного буферного покрытия. Если данный эксперимент вызвал у вас интерес, в будущем могу представить его со всеми подробностями.

С влиянием механических нагрузок на прочность волокна вроде все предельно понятно, но почему в срок службы кабеля входит срок хранения. Неужели волокно портится со временем, даже если не эксплуатируется?

Дело в том, что помимо механических воздействий, на срок службы волокна также влияют температурные изменения, химические воздействия, перепады влажности и многие другие факторы. Все они также приводят к появлению дефектов.

Таким образом, для ответа на вопрос, сколько прослужит оптический кабель, необходимо изучить степень влияния на волокно множества факторов. Поэтому далее будем рассматривать данный вопрос поэтапно с разных сторон. Начнем с вопроса, как старость волокна влияет на его предельную прочность на разрыв.

Исследование предельной прочности на разрыв старого волокна

Данное исследование проводили не так давно в компании Corning. Требуемая прочность волокна гарантирует возможность его эксплуатации.

Для проведения такого рода исследования необходимо искусственно состарить волокна. Старение волокон в лаборатории – это процесс, посредством которого волокно содержится в условиях повышенной температуры и влажности, с целью ускорения процесса старения и образования на его поверхности микроскопических дефектов.

В данном эксперименте целью испытания волокон на прочность является получение предельных значений на разрыв. Распределение значений прочности на разрыв волокна зависит от длины образца, скорости растяжения и условий окружающей среды. Результаты представляют в виде статистического распределения. Испытание волокон производится после выдержки образцов в специальной камере искусственного климата при заданной температуре и влажности.

Описание проведения эксперимента

Приведем описание климатических условий, которые создавались в лабораторной камере для преднамеренного старения волокна. Процесс ускорения старения проходил в два этапа: в климатической камере и в естественных условиях.

Лабораторные испытания содержали следующие этапы:

- 1) в течение 15 дней кабель содержался в условиях циклического изменения температуры, пиковое значение достигало 70°C;
- 2) на 7 дней кабель погружался в воду, температура воды 80°C;
- 3) 5 недель хранения кабеля в условиях повышенной температуры и влажности (при относительной влажности 94% и температуре 80°C).

Старение в условиях естественной окружающей среды: кабель был намотан на деревянной катушке и хранился без какой-либо защиты на открытом пространстве более 2 лет.

Такое комбинированное воздействие методов ускорения процесса старения волокон в лаборатории и под действием окружающей среды можно считать достаточно серьезным. Это подтверждает тот факт, что в результате данных манипуляций полностью разрушился барабан и перед тестированием необходимо было перемотать кабель на другую катушку.

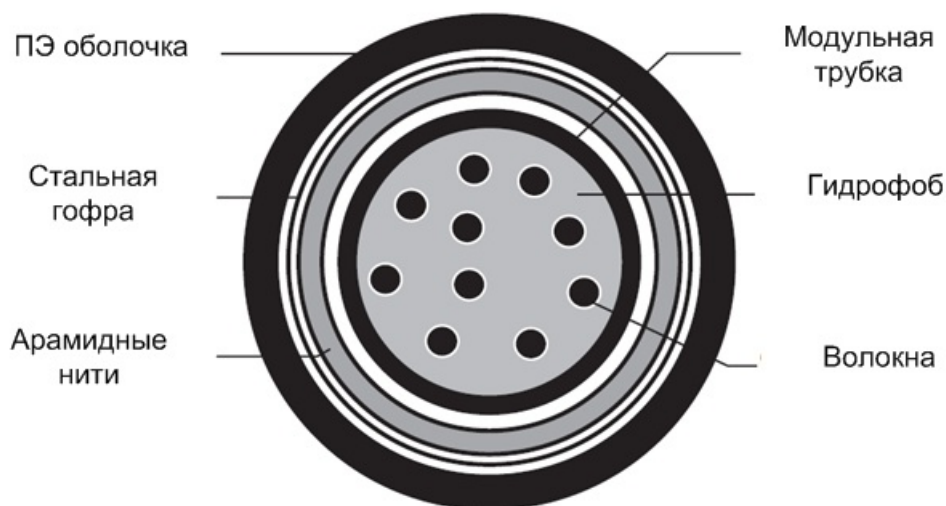


Рис.4 Конструкция тестируемого кабеля

Для тестирования были выбраны волокна из тех участков кабеля, которые были наиболее удалены от оси кабельного барабана, т.е. которые непосредственно контактировали с внешней агрессивной средой.

От тестируемого кабеля были отрезаны куски длиной приблизительно два метра, из которых были аккуратно извлечены волокна. С волокон был тщательно удален гидрофоб тканью Kimwipe пропитанной D-гелем. После очистки все волокна были подвешены вертикально. Данные работы производились при относительной влажности воздуха 45% и температуре 23°C.

Тестирование на прочность было выполнено с помощью стандартной измерительной установки. Число экземпляров – 15. Расчетная длина волокон – 0.5 метра, скорость растяжения – 70% от длины волокна в минуту. Климатические условия – относительная влажность 45%, температура 23°C.

Результаты тестирования волокон на прочность приведены в Таблице 2.

Тип волокна	Образцы волокон (цвет покрытия)	Прочность волокна, кгс/мм ² (ГПа)
Стандартное	Синий	551 (5.40)
Стандартное	Зеленый	556 (5.46)
Стандартное	Оранжевый	549 (5.39)
Стандартное	Коричневый	539 (5.29)
Волокна с оболочкой легированной титаном	Красный	501 (4.91)

Таблица 2 – Результаты тестирования волокон на прочность

Как видно из таблицы, для разных образцов значения растягивающей нагрузки на разрыв имеют небольшой разброс. Среднее значение для стандартных волокон составляет 545 кгс/мм² (5.35 ГПа), что соответствует требованиям. Таким образом, можно сделать вывод, что старение кабеля не сильно ухудшило прочности волокон. Данная величина находится в допустимых пределах и волокна пригодны для дальнейшей эксплуатации.

Заключение

Созданные условия по старению волоконно-оптического кабеля сильно не ухудшили свойства волокна по прочности на разрыв. Полученные значения считаются допустимыми. Данные результаты говорят о том, что кабельные компоненты хорошо выполняют свои защитные функции ОВ от ускоренного старения.

Некоторые монтажники утверждают, что в работе им попадались оптические кабели 93-94 годов изготовления и прокладки, которым особо ничего не сделалось, и они продолжают работать. Другим попадались старые кабели, модули которых буквально рассыпались в руке. Конечно, многое зависит от производителя кабеля, от применяемых им материалов для кабеля, их качества, от соблюдения технологий монтажа и др. В общем, вопрос старения ВОЛС является довольно многопрофильным. Вряд ли кто-нибудь сможет сказать определенно, насколько с каждым годом увеличивается затухание в волокне. В данной статье затронута только небольшая часть этой проблемы. В будущем планируется рассмотреть влияние климатических факторов на другие параметры волокна и срок его службы. Если у вас есть какой-либо опыт в данном вопросе или интересные примеры, можете поделиться ими здесь с коллегами.

Продолжение читайте в статье [Старение оптического волокна и деградация ВОЛС, часть 2](#)