

И.А. Овчинникова, канд. техн. наук,
заведующая лабораторией ОАО «ВНИИКП»;
П.А. Семенов, ООО «ВНИИКП-ОПТИК»

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

Основной задачей оптического кабеля (ОК) является передача оптического сигнала. За осуществление данной функции в ОК отвечает оптическое волокно (ОВ). Все остальные элементы ОК лишь помогают ее выполнять, защищая ОВ от различных воздействий. Перечень внешних воздействующих факторов, которым подвергаются ОК в течение эксплуатации, очень обширен. Однако известно, что наибольшую опасность для ОВ представляют влага и механические напряжения [1–5]. Специалистами компании Корнинг выявлена существенная зависимость срока службы волокна от его относительного удлинения при изготовлении, прокладке ОК и в процессе эксплуатации [6]. О влиянии незначительного увеличения натяжения ОВ на его надежность известно также из работ [7–9].

Одним из способов защиты ОВ от воздействия механических нагрузок является использование в конструкциях ОК усиливающих элементов, таких как стеклопластиковые стержни или высокопрочные нити. Таким образом относительное удлинение усиливающих элементов в ОК при заданном значении нагрузки – параметр, серьезным образом влияющий на надежность ОК. Поэтому исследования влияния на этот параметр различных факторов, таких как температура, вода, агрессивные среды, радиация, представляют существенный интерес.

В отделе оптических кабелей ОАО «ВНИИКП» проводились экспериментальные исследования влияния некоторых факторов на механические характеристики арамидных нитей марок Русар, Кевлар и Тварон.

Для исследования влияния морской воды на механические характеристики были отобраны образцы нитей в жгутах марок Русар номинальной линейной плотности 940,8 текс, Кевлар номинальной линейной плотности 948 текс, Тварон номинальной линейной плотности 805 текс. Использовались по 5 образцов указанных типов нитей для каждого вида испытаний. Часть образцов жгутов нитей разных торговых марок были испытаны в «сухом» состоянии, другая часть образцов, отмотанная от тех же бобин, помещалась в раствор морской воды (соленость 4 %) на 24 часа и 2 недели. После выдержки в указанных условиях жгутов из этих нитей проводились измерения с помощью разрывной машины фирмы Zwick. Образцы закреплялись в машине с помощью тисочных зажимов, удлинение изме-

рялось с помощью накладного датчика. Длина нагружаемой части образцов составляла 500 мм, скорость растяжения 50 мм/мин. Испытания проводились в нормальных климатических условиях (ГОСТ 20.57.406–81). Измеренные до и после воздействия морской воды параметры нитей представлены в виде графиков (рис. 1–4).

Можно отметить, что наименьшее влияние морская вода оказывает на нити марки Русар: в течение двух недель значение растягивающей нагрузки при 0,5%-ном удлинении снизилось незначительно, произошло некоторое увеличение значения разрывной нагрузки (крайние правые точки на графиках рис. 1–3 соответствуют моменту разрыва) и удлинения при разрыве. В то же время для нитей марки Кевлар растягивающая нагрузка, соответствующая 0,5%-ному удлинению снизилась после выдержки в течение двух недель в морской воде с 338,5 Н до 148,6 Н; также заметно увеличение разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. Данное явление может быть результатом процесса деструкции [10].

Проведенные во ВНИИКП исследования не выявили существенных изменений механических параметров арамидных нитей Русар после выдержки в течение месяца в гидрофобных заполнителях, применяемых в ОК.

Отмечено изменение параметров арамидных нитей при воздействии повышенной температуры. Например, у нити Кевлар линейной плотностью 58,5 текс наблюдалось снижение разрывной прочности со 130 Н до 100 Н при изменении температуры от 40 °С до 200 °С [11].

Имеются данные [12] о существенном влиянии внешних факторов на прочность стеклопластиковых стержней.

В соответствии с [13] выдержка в воде значительно снижает механические свойства стеклопластика. Например, за 5 лет выдержки в воде снижение предела прочности при растяжении составляет 13 %, при сжатии – 15 %, при изгибе – 17 %, модуля нормальной упругости – 6–10 %.

На основании результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что внешние воздействующие факторы оказывают заметное влияние на основные функциональные характеристики упрочняющих элементов в кабеле, поэтому данный вопрос требует дальнейшего изучения.

Для исследования влияния агрессивных сред на ОВ и некоторые ОК (разработанные в ОАО «ВНИИКП») авто-

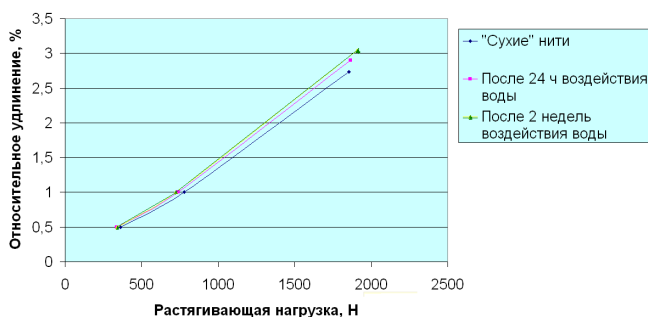


Рис. 1. Зависимость относительного удлинения от прикладываемой нагрузки для нитей марки Тварон до и после воздействия морской воды

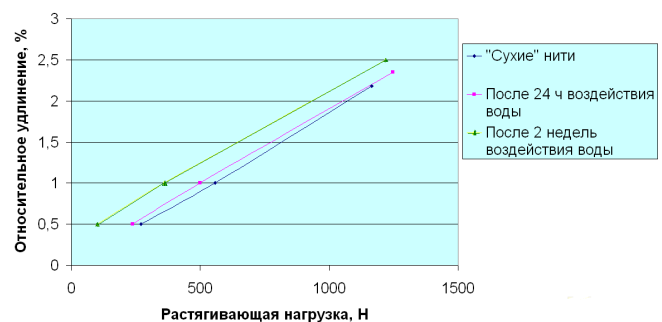


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения от прикладываемой нагрузки для нитей марки Русар до и после воздействия морской воды

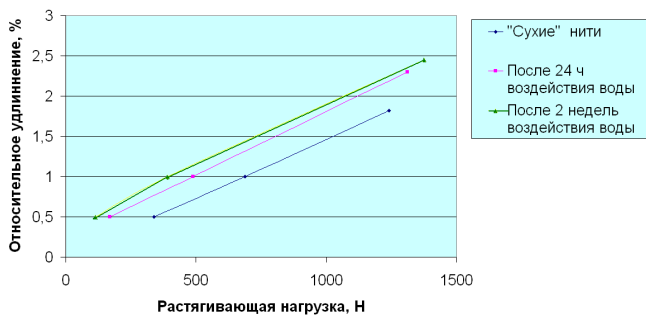


Рис. 3. Зависимость относительного удлинения от прикладываемой нагрузки для нитей марки Кевлар до и после воздействия морской воды

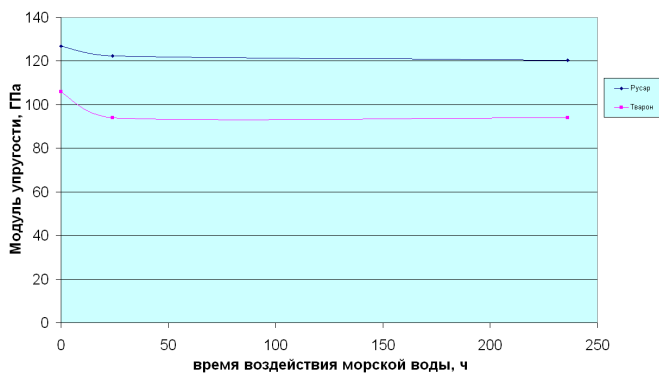


Рис. 4. Влияние морской воды на модуль упругости арамидных нитей

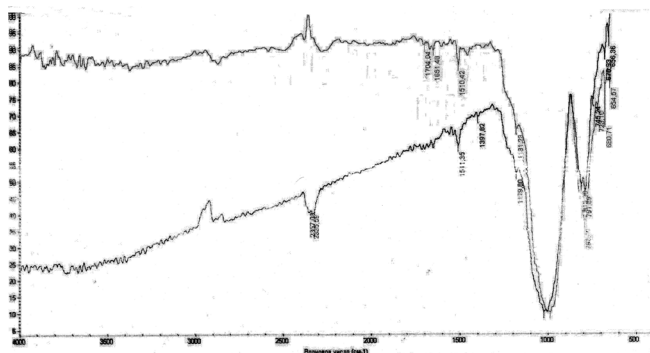


Рис. 5. ИК-спектрограммы световодов, подвергшихся воздействию диоксида азота (верхняя кривая), и эталонного образца (нижняя кривая)

рами на испытательном оборудовании ФГУ «13 ГНИИ Минобороны» совместно со специалистами данного института были проведены испытания в соответствии с КС «Мороз-6» (режим ускоренных испытаний имитировал эксплуатацию в натуральных условиях в течение 10 лет). Было отмечено изменение цвета защитной оболочки ОК из полиамида и покрытия ОВ из полиакрилата после воздействия двуокиси азота, а также отмечалось снижение механической прочности ОВ (оно ломалось при зачистке). Остальные среды (озон, аммиак) и среды заполнения (гелиево-воздушная и аргоно-воздушная) заметного влияния на параметры ОВ и ОК не оказали.

Для определения наличия или отсутствия признаков проникновения диоксида азота в материал световода (оптическую оболочку) были проведены сравнительные исследования образцов световодов (оптические волокна были очищены от защитного покрытия), подвергавшихся воздей-

ствию двуокиси азота, с «эталонным» образцом. Оценка структурных изменений в образцах световодов проводилась методом ИК спектроскопии на ИК-Фурье спектрофотометре в диапазоне длин волн 4000...400 см⁻¹. Предметом поиска являлись неорганические соединения азота. Полученные ИК-Фурье спектры приведены на рис. 5. В основу анализа спектрограмм был положен метод «отпечатка пальцев», когда спектры анализируемых веществ сравниваются между собой. Максимальное совпадение волновых чисел максимумов полос поглощения в анализируемых спектрах свидетельствует об идентичности сравниваемых веществ, а их несовпадение – на наличие структурных фрагментов, отсутствующих в одном из анализируемых веществ. Из сравнения кривых на рис. 5 следует, что в диапазоне длин волн от 500 до 1200 см⁻¹ видны достаточно интенсивные и удовлетворительно разделенные между собой пики (соответствующие силикатам); начиная с 1200 см⁻¹ и до 4000 см⁻¹ за редким исключением (2285 и 2357 см⁻¹ – CO₂ газообразный) полосы поглощения не отделяются от шума прибора. Из анализа спектрограмм следует, что в ИК-спектрах исследуемых образцов ОВ отсутствуют характеристические полосы поглощения неорганических соединений, содержащих азот.

Учитывая полученные результаты, можно предположить, что диоксид азота оказывает влияние не на волоконный световод непосредственно, а на полимерное покрытие оптического волокна, вызывая его деформацию, вследствие чего происходит микродеформация световода. Результат данного исследования лишней раз подтверждает, что непосредственно для кварцевого световода опасность представляют механические нагрузки и вода, остальные факторы могут повлиять на его ресурс только путем изменения параметров других конструктивных элементов ОК.

Литература

1. Семенов С.Л. Физические процессы, определяющие прочность и долговечность волоконных световодов: дис. ... канд. физ.-мат. наук. – М., 1997.
2. Пух В.П., Латернер С.А, Ингал В.Н. Кинетика роста трещин в стекле // Физика твердого тела. – 1970. – Т. 12, № 4. – С. 1128–1132.
3. Бухтиярова Т.В., Дьяченко А.А, Иноземцев В.П., Соколов А.В. Прочность и долговечность волоконно-оптических световодов // ВИНТИ. Итоги науки и техники, серия «Связь». – М.: 1991. – Т. 8. – С. 110–169
4. Богатырев В.А., Бубнов М.М., Вечканов Н.Н., Гурьянов А.Н., Дианов Е.М., Семенов С.Л. Влияние воды на прочность волоконных световодов // Квантовая электроника. – 1984. – Т. 11, № 7. – С. 1467–1469.
5. Дьяченко А.А., Шушпанов О.Е., Соколов А.В. Гидролитическая модель разрушения кварцевого стекла и световодов // Радиотехника. – 2006. – № 5. – С. 37–49.
6. Mechanical reliability: applied stress design guidelines. Corning, WP5053, 2002.
7. Григорьев В.В., Митрошев А.К., Лященко О.В., Наумов А.К. Результаты испытаний Бриллюэновского рефлектометра // Фотон-Экспресс. – 2005. – № 5(45). – С. 36
8. Авдеев Б.В., Барышников Е.Н., Длютров О.В., Стародубцев И.И. Изменение избыточной длины в процессе изготовления ВОК // Кабели и провода. – 2002. – № 3, – С. 32–34.
9. Длютров О.В. Исследование механического состояния оптического волокна неразрушающими методами контроля относительного удлинения в процессе производства оптических кабелей: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2004.
10. Павлов Н.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. – М.: Химия, 1982. – 224 с.
11. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. – С-Пб.: Профессия, 2006. – 624 с.
12. Кузина Т.В., Медведева Л.Ю., Чижевский В.В. Долговечность стеклопластиковой арматуры в многослойных ограждающих конструкциях // СтройПРОФиль. – 2004. – № 6 (36).
13. Корецкая Л.С. Атмосферостойкость полимерных материалов. – М.: Наука, 1993. – 206 с.