

УДК 621.396.1

Күзербай Құндыз Құрмашқызы – магистрант (г. Алматы, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева)

ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРОВОВ 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.

Различают две основные разновидности конструктивной реализации упрочняющих элементов, защищающих оптическое волокно от механических воздействий.

Первая из них представляет собой полимерное покрытие диаметром 900 ± 50 мкм (secondarycoating), без зазора уложенное на поверхность первичного покрытия. Волокно в таком покрытии допускает непосредственную установку коннектора, разъёмного соединителя, и широко применяется в кабелях внутриобъектовой прокладки (получившего название в зарубежной литературе rig-tail). Основной недостаток данного решения состоит в росте затухания, связанного с деформацией волокон при наложении покрытия, и в увеличении внешних габаритов оптического кабеля. Для частичного устранения этого недостатка в некоторых случаях покрытие также выполняют двухслойным. Например, фирма ВІСС использует покрытие диаметр 410 мкм из мягкого селикона, которое окружено трубкой диаметром 900 мкм. При необходимости между оболочками помещают упрочняющие элементы, например, в виде волокна из арамидных нитей.

Особое положение занимает так называемая микромодульная конструкция. Микромодуль представляет собой тонкостенный шланг с внешним диаметром 0,9 мм, внутри которого без натяжения уложен один световод, а оставшееся свободное пространство заполнено гидрофобным (влагоотталкивающим) гелем. Микромодуль позволяет непосредственно устанавливать на волокно коннектор и обеспечивать лучшую защиту световода от климатических воздействий.

В кабелях внешней прокладки, где требования к массогабаритным показателям и величине затухания значительно жестче, часто используется так называемая модульная конструкция (loosetube). Модуль представляет собой трубку диаметром около 2 мм, в которой свободно уложен один или несколько световодов (обычно не более 12). Свободная укладка позволяет легко скомпенсировать температурные и нагрузочные изменения длины модуля. Оставшееся свободное пространство заполняют гидрофобным гелем.

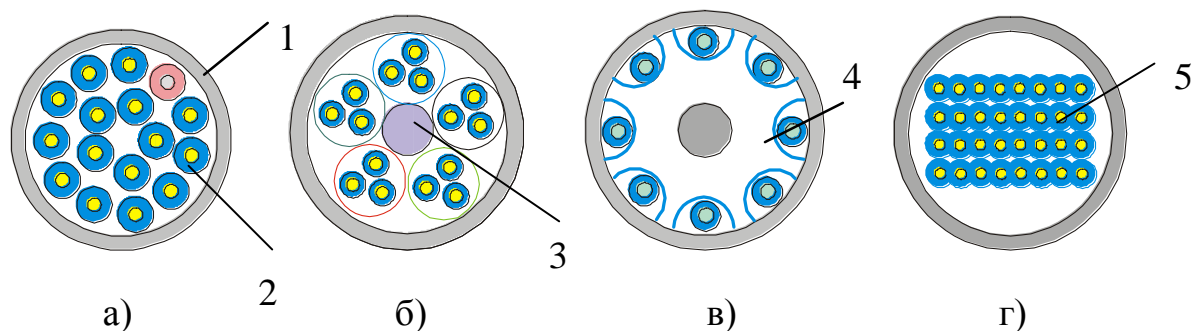


Рисунок 1 - Типовые конструкции сердечников оптических кабелей:

1 – внутренняя скрепляющая оболочка; 2 – оптическое волокно; 3 – армирующий элемент; 4 – фигурный сердечник; 5 – пластмассовые ленты с оптическим волокном.

Кабельный сердечник набирается из нескольких таких модулей, которые расположены как в кабелях классической конструкции в виде повива вокруг центрального силового элемента (рис. 1б). При недостатке модулей свободное пространство может заполнять пластмассовый кордель. Силовой элемент может быть выполнен диэлектрическим (стеклопластиковый пруток) и металлическим (стальной трос). В некоторых кабелях использована конструкция на основе одной трубки большого диаметра, которая расположена по оси кабеля (Monotube), используемая для укладки в неё световодов, и окружена защитными и упрочняющими покрытиями (рис. 1а).

Помимо рассмотренных, существует и другие конструкции сердечников оптических кабелей. Среди них наиболее выделяются две. Это кабели с профилированным сердечником и сердечником ленточного типа. Кабели первой группы имеют в центре профилированный пластмассовый или металлический сердечник с пазами, в которых размещаются оптические волокна (рис. 1в). Пазы, а соответственно и волокно, располагаются по геликоиде, поэтому последние не испытывают продольного воздействия на разрыв.

Сердечник кабеля ленточного типа состоит из стопки плоских пластмассовых лент, в которые вмонтировано определенное количество оптических волокон (рис. 1г).

В системах связи на железнодорожном транспорте наибольшее распространение получили кабели повивного типа и кабели с одной трубкой большого диаметра (Monotube).

Независимо от конструкции, сердечники скрепляются внутренней оболочкой в виде обмоточной ленты или пряжи.

Помимо оптических волокон, сердечник оптического кабеля может содержать и токопроводящие жилы. Последние могут использоваться для организации служебной связи, телеуправления, а также дистанционного питания магистрали.

Конструкция последующих оболочек, накладываемых поверх внутренней скрепляющей оболочки, зависит от назначения кабеля.

На рисунке 2 приведены некоторые из вариантов внешних оболочек оптического кабеля, накладываемых поверх сердечника. Как видно, отличия в приведенных вариантах от аналогичных покрытий обычных кабелей не существенны.

В настоящее время оптические кабели можно поделить на две разновидности: кабели, содержащие металлические элементы (проводники, металлические армирующие элементы, бронепокровы) и полностью диэлектрические кабели. К достоинствам первых относятся высокая механическая прочность и влагостойкость. Но такие кабели уязвимы в отношении электромагнитных воздействий и имеют большие габариты и массу. Диэлектрические кабели имеют меньшие габариты, массу и не чувствительны к

электромагнитному влиянию. Упрочняющие элементы у таких кабелей в настоящее время выполняются на базе арамидной пряжи (например, кевларового волокна) либо стеклоплетки. Однако диэлектрические кабели все же уступают первым по механической прочности и влагостойкости. Кроме того, такие кабели могут быть подвержены агрессии со стороны грызунов. Поэтому при их конструировании принимаются специальные меры биологической защиты.

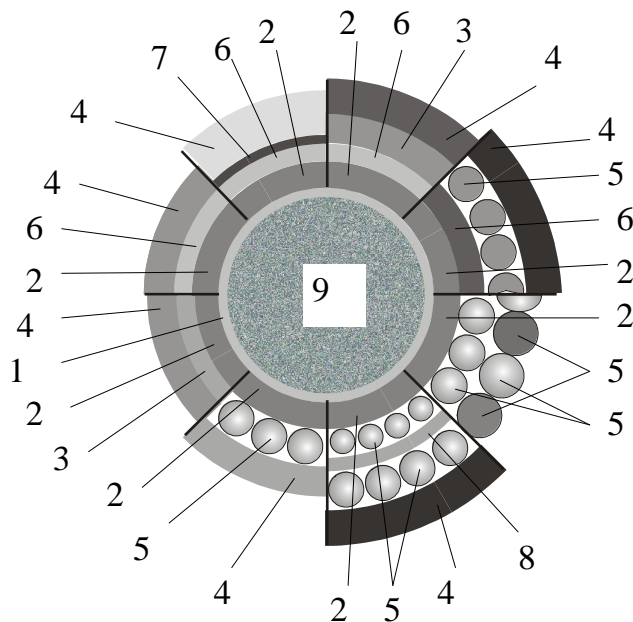


Рисунок 2 - Конструкция внешних оболочек оптического кабеля:

- 1 – внутренняя скрепляющая оболочка; 2 – демпфирующая оболочка; 3 – броня из гофрированной стальной ленты;
 4 – внешняя оболочка; 5 – броня из стальной проволоки; 6 – волокно из арамидных нитей;
 7 – алюмополиэтиленовая оболочка; 8 – полиэтиленовая оболочка; 9 – сердечник оптического кабеля

Помимо этих вариантов существуют образцы кабеля, у которого армирующий элемент вынесен из общей конструкции и крепится к кабелю за счет внешней фигурной полиэтиленовой оболочки, так как это показано на рисунке 3.

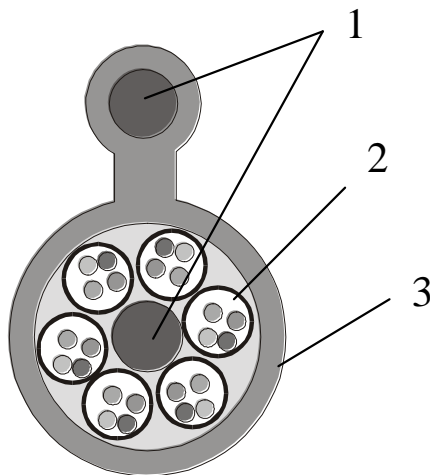


Рисунок 3 - Конструкция подвешенного оптического кабеля

На сетях связи в Казахстане и за рубежом в настоящее время широко используется технология строительства волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП) с использованием защитных полимерных трубопроводов (ЗПТ). Данная технология является одной из наиболее прогрессивных технологий строительства волоконно-оптических линий передачи, поскольку обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционной технологией прокладки оптического кабеля (ОК) непосредственно в грунт.

Существенным преимуществом является то, что полимерный трубопровод выполняет функцию механической защиты кабеля, и это позволяет применять кабели облегченной конструкции, т.е. менее материалоемкие и, соответственно, более дешевые. Помимо этого, прокладку ЗПТ можно производить с помощью традиционных технических средств без опасения повредить кабель, поскольку операция пневмомозадувки, облегченных ОК производится только после выполнения основной части земляных работ. Гарантированный срок службы ЗПТ составляет не менее 50 лет, что заметно превышает срок службы оптического кабеля, и это позволяет, в случае необходимости, осуществлять замену ОК в уже проложенном трубопроводе. Например, для увеличения пропускной способности ВОЛП можно заменить ОК со стандартными оптическими волокнами на кабели, имеющие волокна со смещенной ненулевой дисперсией. В случае если ОК поврежден, также возможно оперативно осуществить его замену.

Существенным достоинством данной технологии, является то, что строительство ВОЛП с использованием ЗПТ позволяет исключить большие объемы, земляных работ при необходимости дополнительной прокладки по трассе нового кабеля, или замене устаревших кабелей, что практически исключает затраты, на земле отводы по кабельной трассе на длительный срок.

Выводы. Уже сегодня затраты, на земле отводы составляют значительную долю от стоимости линейно-кабельных сооружений. Данная технология строительства ВОЛП находит все большее применение, и будет применяться и в дальнейшем, а вопросы, связанные с ней, являются весьма актуальными.

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., Митрорев А.К., Лященко О.В., Наумов А.К. Результаты испытаний Бриллюэновского рефлектометра // ФотонЭкспресс. – 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. <http://rostech.info/zaschitnye-pokrovny-kabeley>
11. И.А. Овчинникова, канд. техн. наук, заведующая лабораторией ОАО «ВНИИКП»; П.А. Семенов, ООО «ВНИИКП-ОПТИК»