

## Классификация оптических кабелей

Оптические кабели связи (ОК), в отличие от электрических кабелей, нет необходимости делить по принципу принадлежности на магистральные, внутризоновые, и т.д., так как в современных оптических кабелях используются одинаковые оптические волокна, чаще всего — одномодовые. Оптические кабели классифицируются по назначению на две основные группы:

- линейные — для прокладки вне зданий (для наружной прокладки и эксплуатации);
- внутриобъектовые — для прокладки внутри зданий (для внутренней прокладки и эксплуатации).

Определяющим фактором применения линейных оптических кабелей в сетях связи являются условия их прокладки и эксплуатации. Линейные оптические кабели позволяют создавать сети во всех средах: на суше, в воде и воздухе. С учетом этого линейные оптические кабели можно классифицировать на три группы: подземные; подвесные; подводные.

Внутриобъектовые оптические кабели по условиям применения можно классифицировать на две группы: распределительные и станционные (монтажные).

Условия прокладки и эксплуатации оптических кабелей в одной и той же среде далеко не одинаковы, поэтому целесообразно классифицировать кабели и по вариантам их применения. Классификация оптических кабелей по назначению, условиям и вариантам применения представлена на следующем рисунке.



Оптический кабель — это сложная структура, в которой наиболее уязвимым элементом является кварцевое оптическое волокно, поскольку оно чувствительно к таким факторам как:

- механические нагрузки (растяжение, сдавливание, изгибы, скручивание,

удары);

- перепады температуры;
- влияние влаги и водорода.

Особенности конструкции оптических кабелей различного назначения определяются соответствующими факторами, воздействующими на оптоволокно в при различных условиях прокладки. Основными конструктивными элементами оптического кабеля являются: оптическое волокно; оптические модули; оптические сердечники; силовые элементы; гидрофобные материалы; броня; оболочка.

Оптический модуль (ОМ) представляет собой самостоятельный конструктивный элемент кабеля, содержащий одно и более оптических волокон. Модуль выполняет функции защитного элемента, уменьшает опасность обрыва оптического волокна и обеспечивает стабильность его работы при воздействии продольных и поперечных механических нагрузок. Оптические модули делятся на трубчатые; профилированные; ленточные.

В трубчатом оптическом оптические волокна могут свободно укладываться либо без скрутки, либо путем скрутки вокруг центрального силового элемента, либо размещаться в плотном буферном покрытии. Плотный буферный слой увеличивает сопротивляемость кабеля к сжатию и изгибам.

В профилированном оптическом модуле одно или несколько оптических волокон свободно укладываются в спиралеобразные пазы V-образного типа, прорезанные полимерном стержне. Силовой элемент в центре профилированного стержня обеспечивает необходимые механические параметры и стойкость к температурным изменениям.

В ленточном оптическом модуле два и более оптических волокон размещаются вдоль линии, образуя линейный элемент. Фиксация оптоволокна в линейном элементе может осуществляться с помощью полимерного материала по ширине элемента, выполняющего функцию вторичного защитного покрытия, или адгезивного слоя и наложенных поверх синтетических лент. Из оптических модулей ленточного типа может создаваться матрица (единичный блок) с определенным числом оптических волокон, который затем размещается либо в полимерной трубе, либо в пазах спиралеобразного профилированного элемента (стержня). В линейных оптических кабелях отечественного производства в основном применяются оптические модули со свободной укладкой оптического волокна. Трубки модуля изготавливаются из полибутилентерефталата, поликарбоната, полиамида.

Оптический сердечник может формироваться как из одного центрального оптического модуля, так и из нескольких оптических модулей или пучков модулей, скрученных вокруг центрального силового элемента (ЦСЭ). Центральный силовой элемент принимает на себя механические нагрузки при прокладке оптического кабеля. Оптический сердечник повышает механическую прочность кабеля, защищает оптоволокно от

изгибов и от нагрузок на растяжение и сдвливание в пределах, не оказывающих влияния на передаточные параметры.

Оптические сердечники могут содержать дополнительные элементы, такие как кордели заполнения, медные жилы, пары или четвертки из медных жил. Обычно повив оптического сердечника из отдельных элементов скрепляется нитями или скрепляющей лентой. Конструкция оптического сердечника определяется функциональным назначением и условиями применения оптического кабеля.

Для защиты оптического волокна от влаги в оптических кабелях применяют гидрофобные заполнители. В этом качестве преимущественно используются гидрофобные гелевые компаунды. Заполнители на основе порошкообразных материалов, нити и ленты применяют значительно реже. Такие заполнители выполняются, в основном, на основе распушенной целлюлозы, разбухающей при контакте с водой и образующей пробку для дальнейшего ее распространения. Гидрофобные заполнители по назначению делятся на внутримодульные, которые применяются для заполнения оптических модулей, и межмодульные, которые используются для заполнения свободного пространства в сердечниках оптического кабеля и в бронепокровах, выполняемых из стальных проволок или стеклопластиковых стержней.

К внутримодульным заполнителям предъявляются значительно более высокие требования. Эти заполнители имеют меньшую вязкость по сравнению с межмодульными заполнителями, поскольку помимо задачи защиты оптоволокну от влаги должны выполнять также функцию амортизатора для волокна при механических воздействиях на кабель, а также функцию смазки, уменьшающей трение между волокном и стенкой оптического модуля.

Основным материалом для скрепления элементов сердечника ОК повивной скрутки является полиэтилентерефталатная лента. Она обеспечивает фиксацию элементов конструкции сердечника до наложения полимерной оболочки и предотвращает вытекание из сердечника гидрофобного заполнителя.

Для усиления оптического кабеля используются силовые элементы: центральный, располагающийся в центре оптоволокну или периферийный. В качестве центрального силового элемента кабеля повивной скрутки используется стеклопластиковый стержень, стальная проволока или трос с полимерным покрытием. Для изготовления кабелей для прокладки в грунте в качестве ЦСЭ преимущественно используются стеклопластиковый стержень с целью повышения стойкости кабеля к внешним электромагнитным воздействиям. Стеклопластиковые прутки, арамидные нити (кевлар, таврон и др.) применяют, в основном, в качестве силовых элементов диэлектрических кабелей, предназначенных для подвески на опорах ЛЭП, опорах контактной сети и автоблокировки электрифицированных железных дорог, а также для кабелей, предназначенных для прокладки в условиях сильных электромагнитных воздействий.

Центральные силовые элементы обеспечивают большую гибкость, а периферийные — большую стойкость кабеля к ударам и растягивающим нагрузкам. Для защиты оптического кабеля от механических повреждений на сердечник может накладываться броня из круглых оцинкованных проволок или проволок из нержавеющей стали в один или нескольких слоев. Например, в кабелях для прокладки через судоходные реки используется двухслойная круглопроволочная броня. Применяется также броня из продольно наложенной стальной гофрированной ленты (лента Zetabon), обеспечивающая защиту от грызунов, механических воздействий и поперечной диффузии влаги. Стальная лента изготавливается из низкоуглеродистой стали и имеет хромовое покрытие, которое наносится электролитическим путем. На ленту с обеих сторон наносится полимерное покрытие. В процессе нанесения наружной оболочки полимерное покрытие стальной ленты расплавляется, образуя надежное сцепление между стальной лентой и наружной полимерной оболочкой. В диэлектрических оптических кабелях, не содержащих металлические элементы, броня может быть выполнена из высокопрочных арамидных нитей и стеклопластиковых прутков. Поверх бронепокровов накладываются внешние пластмассовые оболочки, защищающие кабель от внешних воздействий и влаги. Между бронепокровом и пластмассовой оболочкой для предотвращения распространения влаги по оптическому кабелю вводится гидрофобный наполнитель или водоблокирующая лента. Для изготовления оболочек чаще всего применяются полиэтиленовые композиции, в которые вводят различные компоненты, способствующие повышению стойкости материала к старению, к солнечной радиации и др. В частности, повышение стойкости полиэтилена к солнечной радиации обеспечивается за счет введения газовой сажи в объеме около 3 %, в связи с чем наружные полиэтиленовые оболочки оптических кабелей имеют преимущественно черный цвет.



### Маркировка оптических кабелей

В сети связи РФ в основном поступает оптический кабель отечественного производства. Большинство кабельных заводов придерживается стратегии, при которой потребителю предлагается на выбор конструкции с несколькими базовыми вариантами сердечников, брони,

внутренних и наружных оболочек. Выпускаются кабели различного назначения (линейные, внутриобъектовые) и для различных условий прокладки и эксплуатации (подземные, подводные, подвесные, для прокладки внутри зданий, распределительные, станционные).

Унификация оптических кабелей заключается в унификации сердечника. Применяются две конструкции:

- в центре оптического сердечника расположен центральный силовой элемент и несколько элементов повива – оптических модулей и корделей заполнения;
- в центре сердечника расположена полимерная трубка с оптоволокном, выполняющая роль центрального оптического модуля.

Всеми заводами выпускаются конструкции с многомодульным сердечником повивного типа. Для таких кабелей хорошо отработана технология монтажа. В многомодульном оптическом сердечнике может быть от 2 до 18 оптических модулей, а в каждом из них от 2 до 24 оптических волокон, а всего многомодульные оптические сердечники могут содержать до 288 оптических волокон. Кабели с центральным оптическим модулем содержат от 2 до 48 оптических волокон. Такие конструкции в соответствии с техническими условиями рассчитаны на допустимые растягивающие усилия до 20 кН. Пределы допустимых растягивающих и раздавливающих усилий зависят от марок кабеля и определяются материалом и площадью сечения оболочек и металлических элементов. По требованию заказчика заводы могут выпускать кабель с любыми параметрами, но не хуже тех, что указаны в технических условиях. По критерию «допустимое растягивающее усилие» для прокладки и эксплуатации в магистральной сети связи с учетом климатических условий можно выделить 4 типа подземных и подводных кабелей:

- тип 1 – не менее 80 кН;
- тип 2 – не менее 20 кН;
- тип 3 – не менее 7 кН;
- тип 4 – не менее 2,7 кН.

Маркировка оптических кабелей представляет аббревиатуру основных параметров кабеля, таких как:

- назначение и область применения;
- конструкция сердечника;
- материал промежуточной и наружной оболочек;
- тип брони;
- число оптических модулей и оптических волокон;
- величина коэффициента затухания на опорных длинах волн;
- величина дисперсии;
- допустимое растягивающее усилие и др.

В оптических кабелях отечественного производства отсутствует унификация маркировки. Наиболее близка к общепринятой маркировка ЗАО «Самарская оптическая кабельная компания». Рассмотрим принцип

маркировки линейных оптических кабелей этого завода для различных условий их прокладки.

*1. Оптический кабель линейный для пневмозадудки в защитные пластмассовые трубы — ОКЛ-01-6-48-10/125-0,36/0,22-3,5/18-2,7.*

- ОК — оптический кабель;
- Л — линейный;
- 01 — ЦСЭ из стеклопластика;
- 6 — количество элементов в повиве сердечника;
- 48 — количество ОВ;
- 10/125: числитель — диаметр сердцевины одномодового ОВ до 10 мкм, знаменатель — диаметр отражающей оболочки;
- 0,36/0,22: числитель — коэффициент затухания в дБ/км на длине волны 1310 нм, знаменатель — на 1550 нм;
- 3,5/18: числитель — дисперсия в пс/нм·км на 1310 нм, знаменатель — на 1550 нм;
- 2,7 — статическая растягивающая нагрузка в кН.

*2. Оптический кабель линейный для прокладки в телефонной канализации — ОКЛСт-01-8-64-10/125-0,36/0,22-2,7.*

- Ст — стальная гофрированная оболочка с водоблокирующей лентой под ней; остальные обозначения, такие же как и в первом кабеле.

*Оптический кабель линейный для прокладки непосредственно в грунт — ОКЛК-01(02)-8-96-10/125-0,36/0,22-3,5/18-20.*

- последняя К — броня из круглых стальных оцинкованных проволок;
- (02) — центральный силовой элемент из стального троса, покрытого полимерной оболочкой;
- остальные обозначения такие же, как и в предыдущих кабелях.

*4. Оптический кабель диэлектрический самонесущий для подвески на опорах контактной сети железных дорог и городского электрохозяйства — ОКЛЖ-01-6-24-10/125-0,36/0,22-3,5/18-10:*

- буква Ж — кабель для подвески на железных дорогах;
- остальные обозначения такие же, как и в предыдущих кабелях.

*5. Оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос ЛЭП напряжением 35 кВ и выше — ОКГТ-МТ-36-10/125-0,36/0,22-45:*

- ГТ — кабель, встроенный в грозотрос;
- МТ — одномодульный оптический сердечник трубчатого типа MaxiTube, расположенный в центре кабеля, в котором размещаются ОВ;
- остальные обозначения такие же, как и в предыдущих оптических кабелях.

*6. Оптический кабель для внутриобъектной прокладки при повышенных требованиях пожарной безопасности — ОКЛ-Н-01-6-48-10/125-0,36/0,22.*

- буква Н — наружная оболочка, выполненная из композиции полиэтилена, не поддерживающее горение;
- остальные обозначения такие же, как и в предыдущих оптических кабелях.