

Основные принципы подбора магистральных оптических кабелей

Д. Гиберт, генеральный директор ООО «Инкаб.Про»

В. Рюпин, инженер ООО «Инкаб»

Введение

Современные технологии производства оптического кабеля предлагают потребителю широкий выбор конструкций, который удовлетворяет всем возможным требованиям по условиям эксплуатации. Только на российском рынке представлено больше 50 типов кабеля, а число маркоразмеров исчисляется тысячами. Такое многообразие создает проектировщикам трудности в подборе оптимального технического решения под каждый проект.

Для того, чтобы ускорить процесс выбора конструкции существуют базовые принципы подбора оптического кабеля, применяя которые требуемая марка с ее характеристиками определяется за несколько "шагов". В статье мы подробно разберем шаги по подбору магистральных оптических кабелей – их всего шесть.

Шаг 1. Определение назначения кабеля

Базовое разделение всех типов оптического кабеля происходит по условиям их прокладки. От способа прокладки кабеля (условий окружающей среды) зависит тип применяемого ВОК. Конкретный тип ВОК (марка кабеля) – это один из вариантов решения нетривиальной задачи инженера «защитить оптическое волокно от повреждающих условий окружающей среды», то есть разработать кабель с правильными защитными покровами и заданными характеристиками. Окружающие условия сильно отличаются в зависимости от способа прокладки ВОК.

Так, основные условия прокладки ОК это:

- задувка в трубы;
- монтаж в кабельной канализации
- укладка в грунт;
- подвес.

Часто на конструкцию кабеля накладываются дополнительные ограничения: пожаробезопасность, диэлектрическая/не диэлектрическая конструкция, защита от грызунов, защита ВОК от наведённого потенциала больше 12 кВ и прочие.

В большинстве случаев, условия прокладки кабеля определены в техническом задании или на стадии общих технических решений исходя из соображений экономической эффективности.

Шаг 2. Определение особенностей конструкции

После выбора условий прокладки необходимо определить основные особенности конструкции в зависимости от предъявляемых заказчиком требований. Они отличаются в зависимости от группы кабелей.

Кабели для задувки в трубы

Такой тип кабеля имеет самую простую конструкцию (рис.1): отсутствуют дополнительные защитные элементы, кроме оболочки, накладываемой непосредственно на скрученный сердечник из оптических модулей с волокнами.

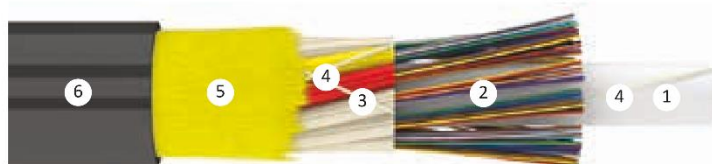
Основной выбор внутри группы состоит в определении необходимых размеров кабеля: для задувки в обычные пластиковые трубы или для задувки в микротрубки для канализации. Микрокабели имеют меньший вес, диаметр, они более гибкие, но при этом и рассчитаны на меньшую максимально допустимую растягивающую нагрузку, чем «классические» кабели для задувки.

При этом важно, чтобы отношение площади сечения кабеля к площади сечения трубы было не более, чем $2/3$, иначе могут возникнуть трудности при задувке.

Стандартный в трубы

(многомодульный кабель)

ДПО



КОНСТРУКЦИЯ:

1. Центральный силовой элемент (ЦСЭ) — стеклопластиковый диэлектрический стержень.
2. Оптическое волокно.
3. Оптический модуль из ПБТ, заполненный гидрофобным гелем.
4. Водоблокирующие нити.
5. Упрочняющие элементы — арамидные нити.
6. Оболочка из полимерного материала.

Рис. 1. Кабель для прокладки в трубы марки ДПО (Инкаб).

Кабели для монтажа в кабельной канализации

Кабельная канализация представляет собой систему подземных сооружений, состоящую из трубопроводов и смотровых устройств (колодцев и коробок). В кабельной канализации осуществляется монтаж и замена кабелей, производство измерений, ремонтных и профилактических работ без вскрытия уличных покрытий и раскопок грунта. В таких условиях кабель защищен от механических повреждений и электрохимической коррозии.

Вместе с очевидными достоинствами этот способ прокладки ВОК обладает недостатками: возможное повреждение грызунами, затопление и замерзание затопленных участков, возможные повреждения внешней оболочки ВОК при протяжке кабеля по лоткам. Наличие одного из перечисленных факторов или дополнительных требований обуславливает выбор конкретной конструкции кабеля.

Опасность повреждения грызунами.

Главная «опасность» для кабеля этой группы - повреждение грызунами.

Если такой угрозы нет или она минимальна, то достаточным выбором станет небронированный кабель (см. раздел: для задувки в трубы).

В другом случае, надежная защита от грызунов обеспечивается применением в конструкции гофрированной стальной ленты (рис. 2) или стальных проволок (см. раздел: кабели для укладки в грунт). Количество запросов на второй вариант (со стальными проволоками) крайне низкое.

ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ В КАБЕЛЬНУЮ КАНАЛИЗАЦИЮ СУПЕРЛЕГКИЙ ТОЛ



КОНСТРУКЦИЯ:

1. Оптическое волокно.
2. Оптический модуль из ПБТ, заполненный гидрофобным гелем.
3. Водоблокирующие нити.
4. Межмодульный гидрофобный гель.
5. Водоблокирующая лента.
6. Броня из стальной гофрированной ленты.
7. Оболочка из полимерного материала.
8. Стальная проволока.

Рис. 2. Лёгкий кабель для прокладки в кабельную канализацию марки ТОЛ (Инкаб).

Диэлектрические конструкции.

В редких ситуациях требуется кабель, который бы защищал от грызунов и обладал при этом диэлектрическими свойствами. В таком случае возможно применение специальных репеллентов в оболочке кабеля, отпугивающих грызунов, либо применение стеклонитей, наложенных поверх сердечника и промежуточной оболочки кабеля. Второй вариант, согласно исследованиям, более эффективный, т.к. стеклонити являются физическим барьером для грызунов.

Тип расположения оптического модуля.

Если говорить о самом распространенном способе защиты - гофрированной ленте, то здесь наиболее популярным решением является применение одномодульных конструкций (если число волокон не превышает 24) или применение легких конструкций со скрученным сердечником без промежуточной оболочки для многоволоконных магистралей.

Наличие промежуточной оболочки.

Конструкции с промежуточной оболочкой являются более габаритными и дорогими, существенно не улучшая эксплуатационные характеристики, однако также находят применение у ряда потребителей, выбирающих надёжные классические решения.

Кабели для укладки в грунт

Самый распространённый способ строительства магистральных сетей между населёнными пунктами там, где отсутствует кабельная канализация, и нет возможности подвеса линии – это укладка волоконно-оптического кабеля в грунт. Этот способ более дорогостоящий и длительный, по сравнению со строительством линии по опорам ЛЭП, но бывает единственным возможным. Такая линия связи превосходит подвесную по надёжности и срокам эксплуатации.

К сожалению, общепринятых нормативных документов, определяющих требуемые характеристики к оптическим кабелям в грунт исходя из конкретных условий прокладки, не существует. На выбор конструкции влияют две основные технические характеристики: стойкость к раздавливающим нагрузкам и максимально допустимая растягивающая нагрузка. Исходя из этих данных определяют необходимость усиления конструкции, материал брони, тип оптического модуля.

Металлическая или диэлектрическая броня.

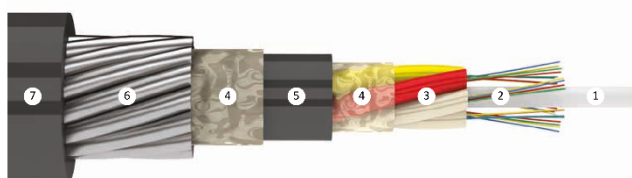
Металлическая броня подразумевает применение стальных оцинкованных проволок, скрученных вокруг оптического сердечника. Данное решение классическое и наиболее популярное.

Диэлектрическая броня подразумевает применение стеклопластиковых прутков. Такое решение более дорогое, но в некоторых случаях является единственно возможным. Применяется, когда требуется нечувствительность к электромагнитным полям: для прокладки на территории электрических подстанций, в охранной зоне ЛЭП, при пересечении ЛЭП, рядом с силовыми кабелями и т.п.

Усиление конструкции за счет дополнительного слоя брони.

Классическое решение для прокладки в простых грунтах предполагает использование одного слоя брони (рис. 3). В большинстве случаев этого достаточно для обеспечения надёжной защиты от механических воздействий на кабель.

ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ В ГРУНТ СТАНДАРТНЫЙ ДПС



КОНСТРУКЦИЯ:

1. Центральный силовой элемент (ЦСЭ) — стеклопластиковый диэлектрический стержень.
2. Оптическое волокно.
3. Оптический модуль из ПБТ, заполненный гидрофобным гелем.
4. Гидрофобный гель.
5. Промежуточная оболочка из полимерного материала.
6. Броня из высокопрочных стальных оцинкованных проволок.
7. Оболочка из полимерного материала.

Рис. 3. Стандартный кабель для прокладки в грунт марки ДПС (Инкаб).

Однако в случае прокладки кабеля в сложных грунтах (скальных, мерзлотных и т.п.) проектной организацией может приниматься решение об обеспечении более надёжной защиты и использования двойного повива силовых элементов (стальных проволок или стеклопластиковых прутков).

Повивы скручиваются в разные стороны. Это обеспечивает лучшие характеристики по стойкости

к растяжению и раздавливанию в сравнении с конструкциями на основе одного повива.

Тип оптического модуля.

Центральный оптический модуль является более экономичным решением, но имеет ограничение по числу волокон: не более 24.

Скрученный сердечник не имеет ограничения по числу волокон, является классической конструкцией, как правило, применяемой на основных магистралях.

Дополнительная защита от влаги

Зачастую при прокладке в заболоченных местностях, а также по дну рек, дополнительно в конструкции кабеля применяется алюмополимерная лента. Ее применение способно предотвращать проникновение к волокну влаги и до некоторой степени - водорода. Стоит отметить, что после принятых мер по защите структуры кварцевого стекла, водород для современных волокон неопасен.

Таким образом, основным и практически единственным эффектом, достигаемым при применении алюмополимерной оболочки, является повышение долговременной механической прочности волокна в условиях воздействия влаги и высоких ненормативных уровней натяжения поверхности волокна.

При правильно сконструированном и изготовленном кабеле и при соблюдении условий его эксплуатации безотказная работа кабеля может быть гарантирована без применения алюмополиэтиленовой оболочки.

Подвесные оптические кабели

Подвесные оптические кабели применяются для организации линии связи между опорами линий электропередач широкого класса напряжений (0,4-220 кВ), опорами освещения и специальными опорами для связи, между зданиями и сооружениями.

Способ подвеса оправдан по причине сравнительно высокой скорости строительства линии и отсутствия необходимости применения большого количества специальной техники. Исходя из этого подвес - самый распространённый способ строительства магистральных сетей ВОЛС.

Но у него есть и недостатки: подвесной кабель в течение всего срока службы постоянно подвергается воздействиям внешних атмосферных факторов (дождь, солнце, ветер, гололёд). Иногда нагрузки становятся критическими - максимально допустимыми. Это подтверждается примерами из практики: например, обрыв кабеля по причине аномальных природных явлений (рис. 4). Но чаще всего обрыв кабеля связан не с непогодой (рис. 5), а по причине того, что на стадии проектирования конструкция кабеля и арматура подобраны неверно.

Примеров неправильного подбора множество. Цена ошибки слишком высока. Поэтому очень важен правильный подбор кабеля и арматуры. Корректно подобранная система "кабель-арматура" обеспечит необходимую работоспособность сети.



Рис. 4. Гололёдно-изморозевые отложения на элементах ВЛЭП.



Рис. 5. ВОК лёг на землю под тяжестью гололёда.

Подвесные кабели делятся на два больших типа:

- с вынесенным силовым элементом типа «8» - [ССЫЛКА](#)
- круглые самонесущие - [ССЫЛКА](#)

Подвесные кабели с вынесенным силовым элементом.

Кабели типа «8» бывают с металлическим силовым элементом (стальной трос) и с диэлектрическим (стеклопластиковый пруток). С центральным оптическим модулем и со скрученными модулями (рис.6).

При этом данный тип кабелей обладает рядом некоторых недостатков:

– использование стального троса запрещено при подвесе на линиях электропередач. Возможно наведение потенциала электрического поля на металл и опасность поражения электрическим током при работах с кабелем. Имеются случаи попадания молнии и полного выгорания всей строительной длины кабеля, а также выхода приёмно-передающей аппаратуры из строя.

– зачастую с данным типом кабелей используют самые дешёвые клиновые зажимы, несоответствующие по характеристикам используемому кабелю, с малой площадью контакта зубьев с тросом. Это приводит к сползанию оболочки с силового элемента клиньями зажима и выходу кабеля из строя даже при незначительном механическом растяжении. Имеются случаи, когда для диэлектрического силового элемента использовались несоответствующие клиновые зажимы с металлическими зубьями, ломающими стеклопруток. В целом корректный подбор арматуры для любых подвесных кабелей имеет принципиальное значение для обеспечения долговременной и надёжной эксплуатации.

– ввиду разности температурных коэффициентов расширения вынесенного силового элемента и оптического сердечника, а также неспособности диэлектрического прутка сохранять сопротивление сжатию при изгибе, в бухтах запаса при отрицательных температурах может происходить неконтролируемый прирост затухания, если они не намотаны на жесткую оправку с должным натяжением.

– сечение кабеля типа «8» приводит к повышенной «парусности», увеличению нагрузок от ветрового давления и льда, а также частому ненормативному осевому закручиванию при сбрасывании петель кабеля через щеку барабана.

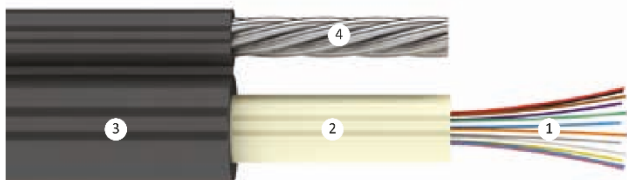
– в центральном оптическом модуле возможно «хождение» оптических волокон из муфты или в муфту, если перед ней не обеспечить бухту запаса небольшого диаметра.

Таким образом происходит постепенный переход в сторону отказа от использования кабеля типа «8», особенно среди крупных операторов связи. Небольшие операторы, из-за несколько большей экономической привлекательности строительства, по-прежнему продолжают использовать кабели данного типа. Однако необходимо иметь ввиду, что потенциально это может приводить к определенным осложнениям при эксплуатации, а также возможным затруднениям, если сеть связи планируется в будущем продать более крупным игрокам на рынке.

Суперлегкий подвесной с выносным силовым элементом

(кабель с центральным оптическим модулем)

ТПОм



КОНСТРУКЦИЯ:

1. Оптическое волокно.
2. Оптический модуль из ПБТ, заполненный гидрофобным гелем.
3. Оболочка из полимерного материала.
4. Выносной силовой элемент — стальной трос.

Рис. 6. Кабель подвесной типа «8» с металлическим выносным элементом и центральным оптическим модулем марки ТПОм (Инкаб).

Круглые самонесущие кабели

Круглые самонесущие кабели не обладают вышеперечисленными недостатками. Они симметричные, диэлектрические, а использование спиральных зажимов обеспечивает большую площадь контакта с кабелем, повышая надёжность.

Самонесущие кабели первично разделяются по типу применяемых силовых элементов: арамидные нити (рис. 7) и стеклонити.

Для упрощения подбора сравним эти варианты исполнения по нескольким факторам:

Диаметр и вес. Кабель на арамидных нитях несколько меньше в диаметре и легче в сравнении со стеклонитями.

Запас прочности на разрыв. Стеклонити обладают меньшим запасом на разрыв. У арамидных нитей двукратный запас прочности на разрыв по отношению к максимально допустимым нагрузкам.

Механические свойства при растяжении. Арамидные нити обладают лучшими механическими свойствами при растяжении через систему «зажим-оболочка-нити». Максимальные нагрузки для кабелей со стеклонитями: не более 15 кН, у арамидных нитей до 40 кН и выше.

Подверженность влиянию температур. Кабели с арамидными нитями за счет более низкого коэффициента температурного расширения меньше подвержены влиянию температур (растяжению и сжатию).

Аттестация ПАО «Россети». Арамидные нити разрешены для подвеса на ЛЭП 35 кВ и выше в ПАО «Россети», стеклонити запрещены.

Стоимость. Если исходить из стоимости, то кабели с арамидными нитями дороже, чем со стеклонитями.

Таким образом, выбирать круглый самонесущий кабель с арамидными нитями следует:

- при строительстве магистральных линий связи между городами или крупных магистральных линий внутри города;
- при подвесе на ЛЭП;
- если требуется многоволоконная конструкция.

Основные показания к применению кабелей со стеклонитями:

- сети внутри городских районов;
- распределительные линии до отдельных домов;
- подвес между домами, опорами освещения, линии электропередач 0,4-10 кВ;
- маловолоконные кабели.

Круглые самонесущие кабели можно классифицировать по наличию или отсутствию промежуточной оболочки: «стандартные» и «лёгкие», соответственно.

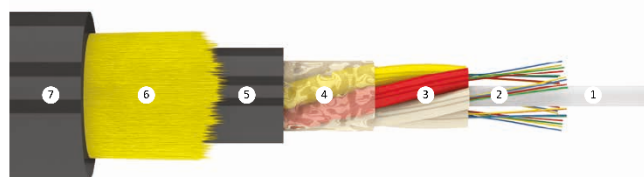
Использование **стандартных** кабелей с арамидными нитями возможно со стойкостью к растягивающим нагрузкам вплоть до 40 кН и выше, в то время как использование лёгких кабелей ограничено, как правило, 10 кН из-за несколько меньшей стойкости к раздавливающим усилиям от зажимов и возможностью проскальзывания нитей относительно сердечника, если нагрузки достаточно велики.

Следовательно, исходя из экономической целесообразности, наиболее популярными марками самонесущих кабелей являются:

- с промежуточной оболочкой («стандартные») и с арамидными нитями: для крупных магистральных линий, на ЛЭП 35 кВ и выше с большим числом волокон

- без промежуточной оболочки («лёгкие») и со стеклонитями: для небольших сетей, на ЛЭП 0,4-10 кВ и небольшим числом волокон.

ПОДВЕСНОЙ САМОНЕСУЩИЙ ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ СТАНДАРТНЫЙ ДПТ



КОНСТРУКЦИЯ:

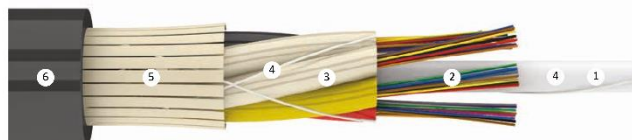
1. Центральный силовой элемент — стеклопластиковый стержень.
2. Оптическое волокно.
3. Оптические модули из ПБТ, заполненные гидрофобным гелем.
4. Межмодульный гидрофобный гель.
5. Промежуточная оболочка.
6. Упрочняющие элементы — арамидные нити.
7. Оболочка из полимерного материала.

Рис. 7. Кабель подвесной самонесущий стандартный с арамидными нитями и промежуточной оболочкой марки ДПТ (Инкаб).

Еще одна разновидность круглых подвесных кабелей без промежуточной оболочки – «микро» самонесущие кабели (рис. 8). Появление таких кабелей было обусловлено потребностью их применения на старых и изношенных опорах линий 0,4-10 кВ, где принципиальное значение имеет как можно меньшая нагрузка на опоры от дополнительного элемента в виде оптического кабеля. Это обусловлено тем, что передача электрической энергии имеет безусловное приоритетное значение и важно, чтобы при возможном обледенении не «завалились» опоры, оборвав тем самым провода. Такие кабели доступны на рынке, имеют стойкость к растяжению не более 3 кН, что, ввиду их малых

габаритных размеров и, следовательно, меньшей воспринимаемой нагрузки от льда и ветра, как правило, достаточно для обеспечения подвеса на пролетах 50-70 метров в зависимости от конкретной климатической зоны.

ПОДВЕСНОЙ САМОНЕСУЩИЙ ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ **МИКРО ДОТс**



КОНСТРУКЦИЯ:

1. Центральный силовой элемент — стеклопластиковый стержень.
2. Оптическое волокно.
3. Оптические модули из ПБТ, заполненные гидрофобным гелем.
4. Водоблокирующие нити.
5. Упрочняющие элементы — стеклонити.
6. Оболочка из полимерного материала.

Рис. 8. Кабель подвесной самонесущий микро со стеклонитями без промежуточной оболочкой марки микроДОТс (Инкаб).

Особые случаи монтажа.

Подвес – закопать. Нередки случаи, когда нет возможности выполнить всю трассу подвесом и необходимо различные переходы (например, дороги) пройти под землей. В этом случае возникает вопрос: либо ставить муфты до и после перехода и делать вставку специализированным кабелем в грунт, либо проложить самонесущий кабель в земле. Однако самонесущие оптические кабели не предназначены для прокладки в земле или грунте, т.к. не имеют специальной брони для защиты от сдавливающих усилий грунта или возможного вмерзания в лёд. Самонесущий кабель можно проложить в трубу ПНД, которая будет лежать в земле. Это обеспечит необходимую защиту от воздействия грунтов. Вход в трубу необходимо загерметизировать, исключив проникновение воды внутрь трубы.

Кабель в грунт – подвесить. И обратная ситуация, когда кабель для прокладки в грунт в ряде ситуаций требуется подвесить на небольшом расстоянии. Такие кабели допускается подвешивать на небольшие пролеты, но при этом нужно учитывать их увеличенный вес по сравнению с самонесущими кабелями. Эти кабели рекомендуется монтировать с увеличенной стрелой провеса и с дополнительным запасом прочности 20-30%, так как это не основное их назначение.

Шаг 3. Выбор типа оболочки кабеля.

Оболочка из полиэтилена

Оболочка магистральных оптических кабелей может быть исполнена из полиэтилена низкой, средней и высокой плотности (ПЭНП, ПЭСП, ПЭВП соответственно). Рассмотрим подробнее каждый из видов.

Полиэтилен низкой плотности имеет ряд существенных недостатков: низкая прочность и химическая стойкость, «стекание» оболочки при высокой температуре. Плюс: хорошо разделяется при монтаже.

Полиэтилен высокой плотности очень прочен, обладает высокой механической и химической стойкостью, но неудобен в разделке, склонен к появлению трещин.

У полиэтилена средней плотности - промежуточные характеристики: повышенная стойкость к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, необходимая гибкость при монтаже при отрицательных температурах, стойкость к воздействию ультрафиолетового излучения.

Из описания очевидно, что для оптических кабелей максимально подходящей является оболочка из полиэтилена средней и высокой плотности.

При этом характеристики таких полиэтиленов должны соответствовать ряду дополнительных свойств, делающими их пригодными к использованию в оптических кабелях, например, обладать низкой усадкой при экструзии. К сожалению, на рынке отсутствует выбор отечественных полиэтиленов с требуемыми характеристиками. Поэтому широко используется продукция иностранных поставщиков, например, компании «Borealis».

Оболочки, не распространяющие горение

Если кабель необходимо проложить в зданиях и сооружениях или на специальных объектах (электрические подстанции, предприятия, нефтяная и химическая промышленность и т.п.) требуется оболочка не распространяющая горение.

Иногда проектом предусмотрены расширенные требования к оболочке: не распространение горения при групповой прокладке, малодымной и безгалогенной. Это обеспечивает возможность применения кабелей в том числе и в зданиях с массовым пребыванием людей. Согласно ГОСТ, такая оболочка обозначается в маркировке кабеля «нг(A)-HF» и кабели обязательно должны иметь соответствующий сертификат пожарной безопасности.

Стоит отметить, что не рекомендуется использовать кабели с внешней оболочкой «нг(A)-HF» на всём протяжении трассы ВОЛС-ВЛ в качестве основного линейного кабеля, т.к. полиэтиленовая оболочка дешевле и обладает лучшими эксплуатационными характеристиками в сравнении с безгалогенной.

Оболочки из полимерного компаунда (огнестойкие)

В особых случаях возможно применение огнестойких кабелей, которые сохраняют свою работоспособность даже в условиях воздействия пламени и имеют обозначение в маркировке «нг(A)-FRHFLTx» [ссылка](#). Такие кабели применяются, например, в системах пожарного оповещения, а также на особо опасных или ответственных объектах, где требуется обеспечить связь даже в условиях чрезвычайных ситуаций (нефтеперерабатывающие заводы, стадионы и т.п.)

Трекингостойкие оболочки.

При использовании самонесущих оптических кабелей на линиях 35 кВ и выше может возникнуть потребность в применении специальной трекингостойкой оболочки.

Показанием к применению являются:

- если в точке закрепления оптического кабеля потенциал электрического поля выше 12 кВ (но не более 25 кВ). Для этого производятся специальные расчёты электрических полей.
- наличие рядом с ЛЭП загрязняющих факторов: морское побережье, металлургическое производство, угольные шахты и т.п.

Шаг 4. Выбор числа волокон

Как правило, самый простой шаг. Число волокон обычно определено техническим заданием от заказчика. Стоит, однако, заметить, что необходимо учитывать не текущие потребности в пропускной способности, а возможность дальнейшей модернизации и постоянно увеличивающуюся потребность в объёмах передаваемых данных на весь срок эксплуатации, который составляет не менее 25 лет. Так, в начале 90-х годов многие магистральные линии связи имели не более 4 или 8 волокон, что не отвечает текущим потребностям.

Шаг 5. Выбор типа волокна

[Ссылка](#)

В магистральных кабелях, как правило применяется стандартное одномодовое волокно, соответствующее стандарту G.652D, отвечающее всем необходимым требованиям по организации связи. Такое волокно доступно на рынке без увеличения цены на кабель.

Стоит отметить, что наиболее перспективным решением для организации связи на одномодовом волокне является использование волокна со следующими характеристиками:

- пониженное затухание на длине волны 1550 нм: до 0,18 дБ/км (вместо 0,22 дБ/км)
- стойкость к изгибу по категории G.657A1

Многомодовые волокна имеют свое ограничение по длине передаваемого сигнала и существенно дороже. Их применение возможно на небольшой сети в пределах одного объекта.

Волокна со смещенной дисперсией (G.655), также в последнее время являются мало употребляемыми в связи с более высокой стоимостью и возможностью использования стандартного одномодового волокна для тех же целей.

Шаг 6. Выбор требуемой стойкости к растяжению

Для монтажа в трубы и кабельную канализацию

Наиболее распространено, что для кабелей для задувки в трубы и прокладки в кабельную канализацию устанавливаются требования по стойкости к растяжению в 1,5 или 2,7 кН.

Для укладки в грунт

Кабели для прокладки в грунт изготавливаются со стойкостью к растяжению в 7 кН (наибольшее распространение) и выше в зависимости от категории и сложности грунтов, вплоть до 80 кН.

Подвесные оптические кабели

Важно отметить, что для определения требуемой стойкости к растягивающим усилиям при подвесе оптического кабеля недостаточно знания только о расстоянии между опорами. Нагрузка, действующая на кабель, помимо расстояния между опорами зависит также от погонного веса кабеля и стрелы провеса. Кроме того, в процессе эксплуатации подвешенный оптический кабель подвергается воздействию температуры, ветра и обледенения. Все это приводит к тому, что значительно изменяются механические растягивающие нагрузки. В связи с этим, нет никакой возможности установить прямую взаимосвязь между расстояниями и допустимой растягивающей нагрузкой.

Определяющими факторами для выбора стойкости к растягивающим нагрузкам являются:

- расстояние между опорами
- высота подвеса кабеля и требуемый габарит до земли
- климатические условия (максимальный ветер и максимальная стенка льда)

Также необходимо обратить внимание на:

- возможные ограничения на растяжение по условиям прочности опор, чтобы в процессе эксплуатации и воздействии нагрузок не произошло их повреждение.

- возможные ограничения на допускаемые отклонения кабеля, чтобы в процессе эксплуатации не произошло их перехлеста с проводами.

Для этого необходимо провести определённые расчёты, которые, как правило, проводит [проектная организация](#). Либо на [сайте](#) производителя кабеля можно воспользоваться [соответствующими таблицами](#) или [скачать программу](#), облегчающими выбор необходимо кабеля, а также изучить [теорию расчётов](#).

Заключение

Таким образом в данной подробно описаны все шаги для подбора необходимой конструкции магистрального оптического кабеля. Изучив их, проектировщик довольно быстро и без ошибок сможет определиться с конструкцией, которая станет основой для надежной ВОЛС.

Ускорить процесс подбора кабеля также помогут онлайн-конфигураторы, которые выполняют эту задачу в несколько кликов мышки. Результат работы такого конфигуратора - точная маркировка для заказа кабеля и подробная техническая спецификация с необходимыми для проектирования характеристиками. Протестировать такой продукт можно на на сайте vols.expert в разделе [конфигураторы решений](#).

Естественно, что каждый проект является уникальным и неповторимым и нет возможности учесть все нюансы и особенности. Поэтому немаловажным фактором, обеспечивающим выбор наиболее оптимальных решений, является опыт специалиста, а также регулярное, систематическое обучение и повышение квалификации. Пройти сертифицированное обучение по курсу «Проектирование ВОЛС» с выдачей документов установленного образца, возможно в [учебном центре «ВОЛС.Эксперт»](#).