

# КОМПАКТНЫЕ ВОЗДУШНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ FTTH: ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Е.Гаскевич, egaskevich@teralink.ru  
ЗАО "Тералинк"

Воздушная прокладка – наиболее экономичный способ строительства проводных широкополосных сетей доступа FTTH для районов малоэтажной и частной застройки, конечно, если уже имеются опоры, на которые можно повесить оптические кабели, и нет телефонной канализации с вводами в дома [1, 2]. Такая картина типична для малых российских городов, городов на юге страны и сельской местности. Даже во многих коттеджных поселках Подмосковья не проложена телефонная канализация, а электрические сети построены на опорах воздушными кабелями. Все это делает воздушную прокладку весьма актуальной. Однако сегодня известно несколько технологий воздушной прокладки. Какую из них предпочесть?

## **КОМПАКТНЫЕ ВОЗДУШНЫЕ СЕТИ – ЗАЛОГ ЭКОНОМИЧНОСТИ**

На переулках и улицах кварталов частного сектора почти всегда есть столбы – они могут принадлежать электросетям, "Горсвету" или основному телефонному оператору ("Ростелеком"). Опоры контактной трамвайной или троллейбусной сети для FTTH-доступа в дома малоприменимы. Наиболее распространены опоры электросетей, часто они совмещены с опорами уличного освещения. "Ростелеком", если планирует строительство воздушных сетей FTTH, использует свои опоры и, возможно, опоры высоковольтных линий (ВЛ) 0,4 кВ по договоренности с энергетической

сетевой компанией. Альтернативные операторы могут задействовать лишь ВЛ 0,4 кВ. Маловероятно, что "Ростелеком" позволит конкуренту использовать свою инфраструктуру.

В одном районе частной застройки могут вернуть свои воздушные FTTH-сети два и более операторов. Кроме того, уже существуют сети на основе медных воздушных кабелей, как с витыми парами, так и коаксиальных. Таким образом, часто возникает ситуация, когда на опорах размещены кабели различных организаций и назначений. Например – электрический распределительный кабель, кабель питания фонарей освещения, подвесные кабели с витой парой и кабели FTTH



**Рис.1.** Типичные опоры: ВЛ 0,4 кВ (а); телефонные (б) и их обслуживание (в)

(возможно, для двух параллельных сетей). Причем электрические кабели окажутся выше всех и остальные будут мешать их обслуживанию.

Согласно нормативным правилам, расстояние между электрическими проводами 0,4 кВ не должно быть меньше 40 см. Такое же ограничение на расстояние должно быть от электрических кабелей или проводов до кабелей другого назначения. Для безопасности обслуживания лучше завешивать кабели связи, отступив от силовой части на 1 м. Просвет от кабелей до земли должен быть больше 5 м, а над дорогами – 5,5 м. Расстояние между оптическими кабелями по вертикали должно быть больше 20 см, а по горизонтали – 15 см. Расстояние в пролете от электрических проводов до земли обычно колеблется в пределах 6,5-7,5 м. Все это вместе позволяет подвешивать на опорах электросетей три-шесть уровней оптических кабелей. Но если

уже имеются медные кабели, число уровней может снизиться до двух-трех.

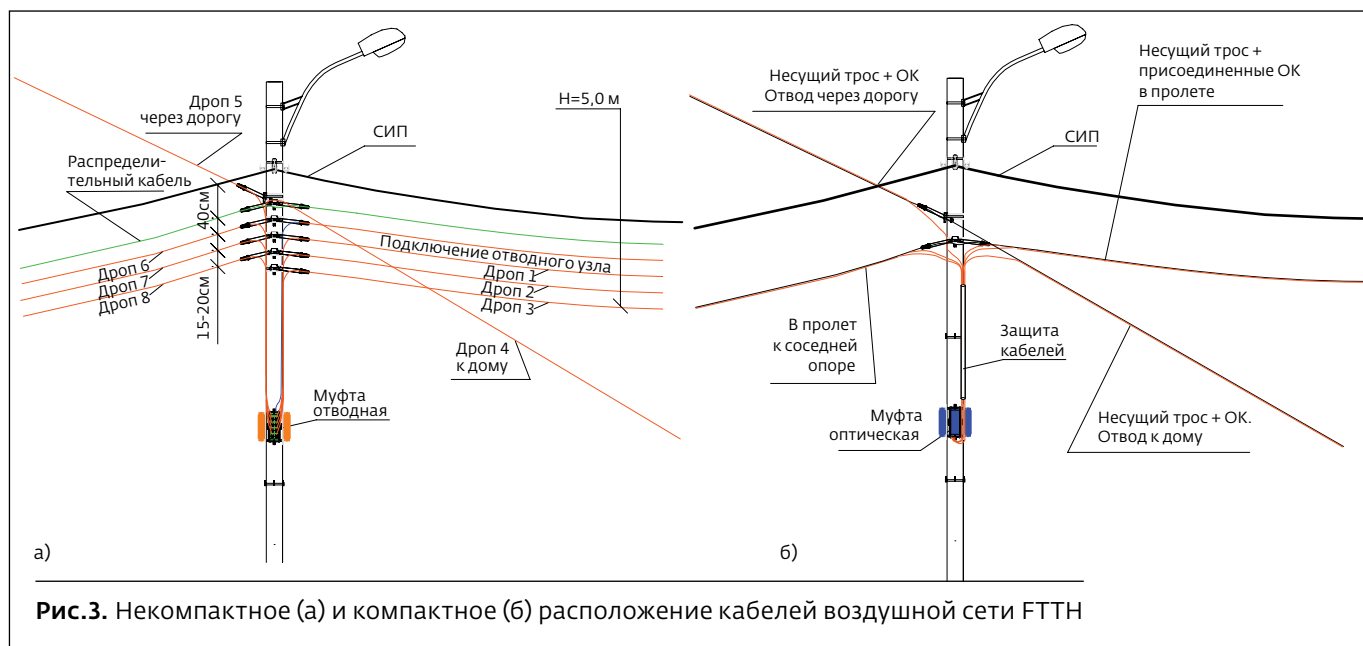
Опоры ВЛ 0,4 кВ бывают бетонные с трапециевидным сечением (рис.1а), реже – круглые, деревянные в грунт и деревянные на железобетонных пасынках, редко применяют стальные. Опоры для телефонных кабелей связи – деревянные (рис.1б), реже – бетонные. Монтеры обычно обслуживают кабели и устройства, поднимаясь на столбы с помощью монтажных "кошек" (рис.1в), что позволяет не тратить средства на парк автовышек или оборудование автомобилей для перевозки лестниц. Монтер с "кошками" может прибыть к месту работ пешком или на велосипеде. Для обслуживания в монтерских "кошках" наиболее удобны деревянные столбы, затем бетонные, на стальные опоры в "кошках" не залезть. При подъеме в "кошках" по бетонной опоре с трапециевидным сечением нужна свободная полоса



7-10 см от края столба вовнутрь с каждой стороны для зацепления шипов. При этом по центру опоры может проходить кабель, например, ОКСН, или защитная труба. Кроме того, поднимаясь в "кошках", монтер может переступить через препятствие на опоре высотой 50-70 см – скажем, через оптическую муфту FTTH.

Можно выделить несколько проблем построения воздушной оптической сети широкополосного доступа. Во-первых, это "множественность"

кабелей (рис.2а), препятствующая обслуживанию системы. Вторая проблема связана с пучками кабелей. Телефонные кабели (самонесущие витые пары) иногда завешивают с нарушением – кабели образуют пучки (рис.2б). При обледенении или налипании мокрого снега пучки задерживают гораздо больше льда или снега, чем отдельные провода, и эта нагрузка ложится на один из проводов пучка. Для медных витопарных кабелей это не критично – нагруженный провод растягивается,



и натяжение пучка равномерно перераспределяется между остальными проводами. Подобное для оптических кабелей недопустимо, после растяжения на 0,3–0,5% нагрузка передается оптическим волокнам, возникает риск их разрушения. Поэтому соблюдение необходимых расстояний между оптическими кабелями особенно важно, так как такого рода нарушения значительно снижают надежность сети.

Наконец, проблемы создают и технологические запасы кабеля. Если дроп-кабели привариваются по мере подключения абонентов, то необходимо устанавливать крестовины для укладки запаса. Кроме того, нужен и тренинг монтажников – ведь не всем удастся добиться хорошей укладки кабелей в бухты при их частом разматывании-смотывании (рис.2в).

Таким образом, воздушные сети FTTH экономически выигрывают, если они проектируются и строятся на основе именно компактных решений (рис.3). Причем сеть можно считать компактной, если:

- ограничиться одним или двумя уровнями расположения оптических кабелей;
- при расположении на опорах ВЛ 0,4 кВ не использовать траверсы, чтобы не блокировать подъем к электрической части на "кошках" или приставных лестницах;
- узловые элементы кабельной системы (муфты, шкафы, устройства хранения технологического запаса кабеля) по возможности не будут занимать на опоре по вертикали более 50 см или будут располагаться на кронштейне или на тросе в пролете;

- кабели, проложенные вдоль бетонной опоры, будут проходить по центру широкой грани столба и в защите, причем так, чтобы не препятствовать подъему в "кошках". На деревянных опорах размеры защиты не должны мешать безопасно переставлять "кошки".

Все это справедливо при строительстве воздушной FTTH-сети как на собственных опорах оператора, так и при аренде места на опорах ВЛ 0,4 кВ. В первом случае роль электрических кабелей играют межжильные воздушные телефонные кабели, которые определенное время будут сосуществовать с оптическими.

### Подходы к созданию компактных воздушных сетей FTTH

В мире известно несколько подходов к созданию компактных воздушных FTTH-систем:

- ограничить число кабелей в пролете до двух за счет увеличения числа узловых элементов (особенно дроп-муфт) и комбинирования в одном кабеле фидерных и распределительных волокон;
- обмоточная или лэш-технология (использует кабельные обмоточные машины – cable lasher). Кабели приматывают в пролетах к несущему тросу проволокой, петли технологического запаса и узловые элементы (муфты) подвешивают на трос (strand mounted);
- микротрубочная воздушная канализация, аналог микротрубочной подземной, но в виде кабелей с вынесенным несущим элементом для подвеса на опорах;
- подвесные кабели со свободной укладкой волокон/модулей\*, с выделением их через боковой разрез. Аналог технологии, широко применяемой для сетей FTTH многоэтажных домов;
- навивная технология с возможностью последовательной множественной навивки оптических микрокабелей. Идеологически похожа на

\* Здесь и далее под термином "волокно" мы понимаем оптическое волокно в плотном буферном покрытии с внешним диаметром 900 мкм, под термином "модуль" – оптический модуль с несколькими волокнами в гибкой плотной трубке (micro sheath) или в жесткой свободной трубке с гидрофобным наполнителем (loose tube).



**Рис.4.** Пример компактного расположения элементов сети ФТТН. Жилой район Новая Ижора под Санкт-Петербургом. Дроп-кабели проходят к домам от опоры в подземных пластиковых трубах

микротрубчатую, но микрокабели навиваются на внешний силовой элемент, а не задуваются. Внешним элементом может быть самонесущий оптический кабель.

Все эти подходы, кроме микротрубчатой воздушной канализации, подразумевают, что дроп-узлы (муфты) имеют разъемы для подключения



**Рис.5.** Прикрепление кабеля к несущему элементу: а – прикрепление в точках клипсами, хомутами или стяжками; б – прикрепление путем обмотки проволокой, лентой или диэлектрическим кордом (лэш-технология); в – навивка кабеля на несущий силовой элемент

дроп-кабелей. Это позволяет подключать абонентов без сварочных работ и не размещать технологический запас дроп-кабелей на опорах. В случае микротрубок технологический запас дроп-кабелей в районе опор также не нужен.

Отсутствие технологических запасов дроп-кабелей – очень важная для компактности черта кабельного решения. По возможности следует устранить и петли технологического запаса распределительных кабелей – например, этот запас укладывать вдоль пролета или компактно вдоль опоры.

Оптические муфты, подвешиваемые в пролетах или установленные на опору, должны легко открываться при работах на опоре или с лестницы, обеспечивая надежную герметизацию после закрытия. Эффективны оптические муфты с внешними оптическими герморазъемами, не требующие доступа внутрь при подключении кабелей.

Рассмотрим подробнее основные подходы к созданию компактных воздушных ФТТН-систем.

## КОМПАКТНАЯ СЕТЬ С МНОЖЕСТВОМ ДРОП-МУФТ

Для построения сети с большим числом дроп-муфт достаточно расположить оптические кабели в пролетах в один-два уровня. Например, верхний уровень – фидерные кабели, подключающие распределительные узлы. Нижний уровень – распределительные кабели, отходящие от распределительного узла со сплиттерами, к которым подключаются шлейфом дроп-муфты. По некоторым участкам сети будут проходить оба типа кабелей. Распределительные кабели могут переносить фидерные волокна – скажем, для подключения распределительного узла, отстоящего от фидерной магистрали. Дроп-кабели проходят от опор сразу в дома, в пролетах их нет. Поэтому и нужно большое число дроп-муфт – фактически дроп-муфту устанавливают на опоре, если к ней подключен хотя бы один дом.

Для создания компактной системы следует отказаться от бухт технологического запаса, необходимого для монтажа дроп-муфт. Обычно он требуется, чтобы монтировать кабель в муфту и сваривать волокна не на опоре, а в защищенном и оборудованном месте, на земле – например, в передвижной автомобильной лаборатории (ЛИОК). То есть необходимо дотянуть монтажный участок кабеля до земли и разделять его в ЛИОК непосредственно у опоры. Не создавая бухт технологического запаса, это можно делать, например, следующим образом. Кабель к опоре крепится



**Рис.6.** Лэшер и обмоточная проволока

анкерными зажимами. Вдоль опоры, где будет размещена дроп-муфта, кабель опускается до места ее установки с запасом на разделку, снова возвращается наверх и ведется к следующей опоре – получается Т-образный участок непрерывного кабеля (рис.4). Чтобы дотянуть кабель до рабочего стола в ЛИОК, его достаточно освободить из зажимов на опоре и спустить на землю. В результате он провиснет между предыдущей и последующей опорами, а его центральная часть будет заведена в ЛИОК.

Другой пример – кабельная система, использующая многоволоконные герморазъемы (OptiTip компании Corning или его аналоги). Предполагается, что распределительные кабели имеют такие разъемы с обеих сторон. В результате приходится работать с кабелями некоей стандартной длины, что неизбежно приводит к его избытку. В такого рода системах обычно используется плоский самонесущий кабель. Перед спуском и подключением герморазъема к муфте избыток плоского кабеля сматывается в плотную бухту диаметром 25 см или меньше, которая завешивается на вершине опоры. Это легко сделать, если конец кабеля ни к чему не подключен, но такую "баранку" практически невозможно сматывать, если кабель уже приварен в муфте – почему и нужны многоволоконные герморазъемы, иначе такая система теряет компактность. Все кабели, проходящие по опоре вверх от муфты к кронштейнам или вниз к подземным защитным полиэтиленовым трубам

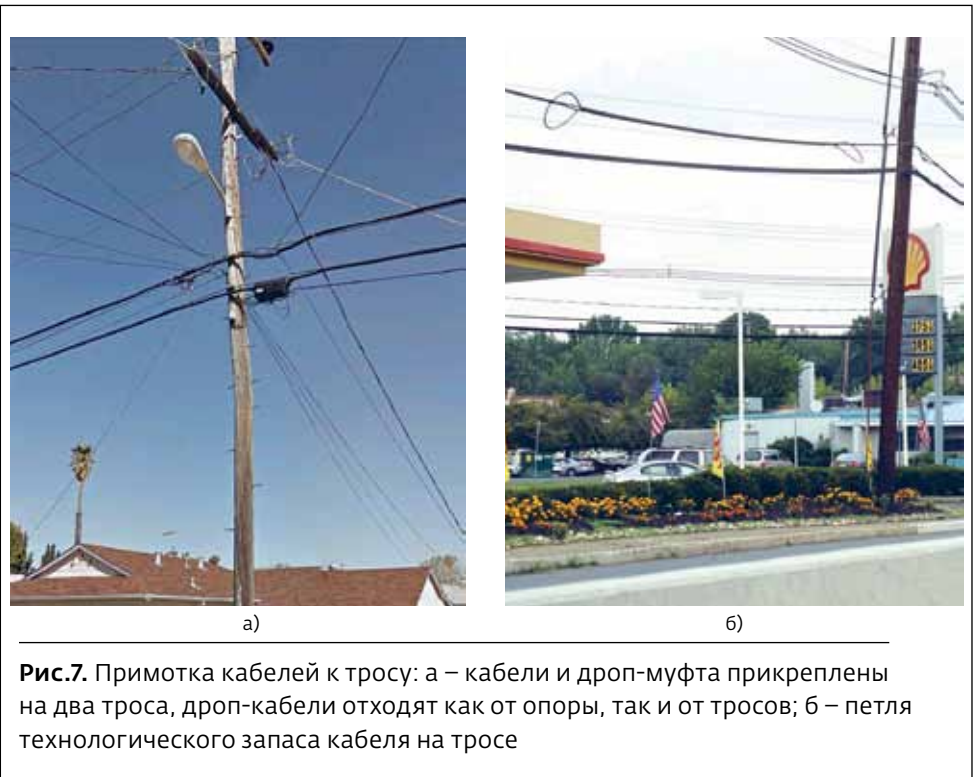
(ЗПТ) должны быть закрыты коробом, уложены в ЗПТ или стянуты в пучок.

Сеть такого типа, подготовленная к подключению абонентов, должна иметь ровно столько портов в дроп-муфтах, сколько домов она охватывает, так как в любом доме может появиться абонент. То есть она рассчитана на 100%-ный охват абонентов. Поэтому сеть будет использоваться не эффективно, если оператору не удастся подключить большинство абонентов. А это часто случается у альтернативных операторов в стандартной (не элитной) жилой застройке. Поэтому подход с множеством дроп-муфт рекомендован традиционным операторам, имеющим планы на 100%-ный охват населения и в коттеджных поселках, если оператор один. Несмотря на удобство подключения абонентов, этот подход во многих случаях не будет экономичным ввиду значительных издержек на монтаж множества дроп-муфт.

### ПРИМОТКА КАБЕЛЕЙ К НЕСУЩЕМУ ТРОСУ (ЛЭШ-ТЕХНОЛОГИЯ)

Все кабели в пролете можно примотать проволокой к несущему тросу как один компактный пучок. Существует три способа прикрепления кабеля к отдельному несущему элементу – тросу, проводу или другому кабелю (рис.5):

- прикрепление в точках клипсами, хомутами или стяжками;



**Рис.7.** Примотка кабелей к тросу: а – кабели и дроп-муфта прикреплены на два троса, дроп-кабели отходят как от опоры, так и от тросов; б – петля технологического запаса кабеля на тросе



**Рис.8.** Микротрубочный гибридный кабель для воздушной прокладки: а – гибридный микротрубочный кабель Ribbon (две трубки 8 мм для распределительных микрокабелей, восемь трубок 5 мм для абонентских модулей); б – однотрубочный подвесной дроп-кабель; в – отвод дроп-кабелей и закрытие места разреза манжетой

- обмотки проволокой, лентой или диэлектрическим кордом;
- навивка кабеля на несущий силовой элемент.

Прикрепление клипсами или хомутами используется с давних времен, в прошлом веке часто применялось для воздушной прокладки телефонных кабелей с витыми парами. Прикреплять кабели к несущему элементу следует до его подвеса – в противном случае потребуются автовышка. Без проблем прикрепить

таким способом к тросу можно только один кабель.

Другой способ – приматывание кабеля проволокой или лентой. Для примотки требуется специальная машинка – лэшер (lasher) (рис.6). Именно этот подход на протяжении десятилетий широко применяется в США и в других странах североамериканского континента. Обмоточная машинка устанавливается на трос и при протяжке вдоль него совершает

вращательное движение. Лэшер вручную протягивают за веревку с земли. Через нижний передний ролик в машинку подается приматываемый кабель или пучок кабелей. На машинке располагаются две катушки обмоточной проволоки из нержавеющей стали.

Приматывать можно любые кабели – и телефонные с витой парой, и коаксиальные, и оптические. Возможно приматывать несколько кабелей одновременно или последовательно. Именно из-за своей универсальности лэш-технология так широко распространилась в Северной Америке. Она показала свою эффективность и для воздушных оптоволоконных кабельных сетей связи. Например, для воздушной сети ФТТН все кабели в виде одного пучка приматываются к одному тросу, подвешенному на опоры электрической распределительной сети. Таким образом решается проблема множественности подвеса кабелей сетей доступа. На этот же трос закрепляют соединительные и дроп-муфты, и петли технологического запаса кабеля (рис.7).

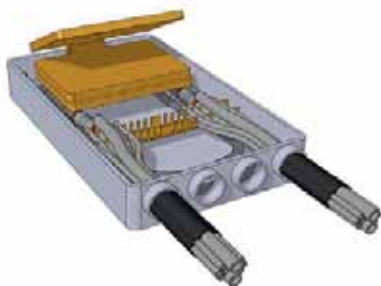
В России лэш-технология применять на линиях электрических сетей нельзя из-за ограничений правилами устройства электроустановок (трос и проволока – не диэлектрики). Но если оператор имеет собственные опоры, то эта технология вполне применима, особенно если планируется 100%-ный охват абонентов. Для "Ростелекома" лэш-технология могла бы показать свою "американскую" эффективность благодаря своей универсальности – и медные, и оптические кабели можно приматывать к одному тросу, который играет роль канализации для разных типов кабелей.

## Воздушная микротрубочная канализация ФТТН

Микротрубки для задувки в них оптических микрокабелей и модулей стремительно набирают

популярность в Европе, особенно для строительства сетей ФТТН. Кабели с микротрубками бывают для прокладки в каналы традиционной телефонной канализации, в грунт, по зданиям и воздушные – для подвеса на опорах. Последние (рис.8) позволяют построить компактную воздушную ФТТН-сеть. Микрокабельная сборка имеет вынесенный силовой элемент для подвеса, обычно это стеклопруток, такой кабель – полностью диэлектрический. Для примера рассмотрим элементы микротрубочной воздушной системы Ribbonet компании Ericsson. Гибридный подвесной микротрубочный кабель системы Ribbonet содержит трубки для микрокабелей и модулей (рис.8а). Кабель прокладывается на опорах вдоль улицы между узлами абонентских подключений – муфтами (рис.9), размещенными на опорах или в шкафах под опорами. Волокна распределительных микрокабелей, расположенных в трубках большего диаметра, коммутируются с волокнами абонентских модулей, уходящих в трубки диаметром 5 мм (в кабеле на рис.8 таких трубок восемь). В узел абонентских подключений вводится два кабеля с обоих направлений улицы. Таким образом, от узла к домам в трубках можно отвести 16 модулей. Непосредственно к дому проводится однотрубочный дроп-кабель (рис.8б), трубка которого соединяется с трубкой подвешенного вдоль улицы гибридного многотрубочного кабеля. Для подсоединения оболочка кабеля разрезается, выводится нужная трубка и соединяется гильзой с трубкой дроп-кабеля, а место разреза закрывается специальной герметизирующей манжетой (рис.8в).

Абонентские оптические модули поставляются в виде катушек для задувочного пистолета, с одной из сторон они имеют разъем. Задувать кабель можно из дома абонента, приваривая модуль в муфте на опоре (рис.10). Возможен и обратный



**Рис.9.** Распределительная муфта подключений абонентских задувных модулей с вводами для многотрубочных подвесных кабелей



**Рис.10.** Задувка из дома абонента (а); задувочный модуль (б)



вариант – задувка от опоры в дом, если используются кроссовые шкафы.

Микротрубчатая подвесная кабельная система эффективна при одновременном подключении всех абонентов. При постепенном подключении бригада, выезжающая к абоненту, должна иметь не только сварочный, но и задувочный комплекты. Это увеличивает расходы подключения в части амортизации дорогостоящего оборудования.

### Подвесные кабели со свободной укладкой волокон/модулей

Самонесущие подвесные кабели имеют сечение в виде "8" с диэлектрическим вынесенным силовым элементом (стеклопрутком). Оптическая часть кабеля похожа на FTTH-кабели для многоквартирных домов, которые широко применяются в последние годы, однако имеются отличия. Первое из них состоит в том, что длина вынимаемого волокна в плотном буфере или оптического модуля равна расстоянию между опорами и может превышать 50 м. Другая особенность внешней подвески – необходимо предотвратить попадание воды в кабель (и ее распространение вдоль кабеля) через боковой разрез оболочки. Для этого во внутреннюю полость кабеля добавляют водонабухающие элементы – нити,



**Рис.11.** Кабель внешней прокладки с выделением модуля через боковое окно, герметизация гелевой муфтой

ленты или порошок, но они затрудняют свободное вытягивание волокна в буфере через разрез, особенно 50-метровых отрезков. Другой подход, который применяется в большинстве современных решений – надежная герметизация места бокового разреза и защита вывода модуля специальной муфтой с гелем (рис.11). При этом межмодульное пространство ничем не заполнено, а модули имеют жесткую оболочку, позволяющую проталкивать их в трубку на 15-20 м – на типичное расстояние дроп-участка.



**Рис.12.** Оптический кабель, спирально навитый на фазный провод ЛЭП 110 кВ

Один из европейских производителей кабеля без водоблокирующих элементов достиг 100 м максимальной длины выемки волокон в плотном 900-мкм буфере. Вынутое оптическое волокно такой длины требуется временно уложить в специальный контейнер. Это можно сделать вручную. Для облегчения выемки больших длин было разработано специальное электромеханическое устройство, которое вытягивает волокно и петлями укладывает в контейнер так, чтобы его можно было вынуть обратно за свободный конец. После выемки волокно в плотном буфере можно затянуть в трубку дроп-кабеля (см. рис.8б) в дом абонента. Но в отличие от технологии подвесной микротрубочной канализации, волокна в буфере не задувают, а затягивают нитью или вакуумным насосом (через поршень в трубке).



**Рис.13.** Навивка оптического дроп-кабеля: а – навивка машинкой; б – кабели, навитые на ОКЧН



**Рис.14.** Навивные кабели: а – бухта 100 м 12-волоконного кабеля, имеющего с одной стороны разъемы SC; б – бухты 100, 60 и 20 м одноволоконного оптического кабеля, оконцованного с обеих сторон разъемами SC

Если в кабеле применяются оптические модули с несколькими оптическими волокнами, их нужно довести только до дроп-муфты, где происходит коммутация с дроп-кабелями в дома абонентов. Для этого достаточно вытянуть из распределительного кабеля несколько метров модуля (расстояние до муфты плюс технологический запас) и отрезать. Остальной модуль можно оставить в кабеле – это может быть несколько десятков метров, поскольку разрез делается в окне у соседней опоры. Для такой операции вытяжное устройство не нужно. К муфте, если кабель через нее не проходит транзитом, должна идти защитная трубка.

Технология подвесных кабелей со свободной укладкой волокон/модулей пока находится на стадии доработки и апробирования. Тем не менее, вытягивание волокон с последующей прокладкой в дом через микротрубку – очень гибкое решение. Дом подключается от ближайшей опоры, причем от одной опоры можно подключить любое число домов. С другой стороны, находясь на лестнице или в "кошках" наверху опоры, трудно вытягивать волокно в 900-мкм буфере и временно укладывать его в контейнер – нужна автовышка, причем для подключения каждого абонента. Это сильно удорожает стоимость подключения, что нежелательно для массового применения в России. Вытягивание модуля, наоборот, приводит к потере гибкости. Например, если в районе опоры всего два дома, а модули, допустим, содержат шесть оптических волокон, то все равно придется вытягивать модуль, и четыре волокна в нем пропадут. Также отметим, что в России кабели без водоблокирующих элементов требуют особо аккуратной работы при герметизации боковых окон. Если вода попала в кабель и затекла в нижние участки трассы, зимой очень вероятны аварии.

### Навивная технология для воздушных ФТТН-сетей

Прикрепление оптического кабеля на несущий элемент методом спиральной навивки (рис.12 и 5в) было предложено в начале 1980-х годов и промышленно внедрено для ВОЛС-ВЛЭП. С 1982 года проложено более 27 тыс. км таких линий. В 1990-е годы, во время начала роста строительства ВОЛС для дальней связи, навивная технология была кандидатом на массовое применение, так как позволяла эффективно использовать существующую сетевую инфраструктуру высоковольтных ЛЭП масштаба всей страны. Но с начала 2000-х годов резко подешевело оптическое волокно, началось массовое производство самонесущих оптических кабелей (ОКСН) и кабелей, встроенных в грозотрос (ОКГТ), и навивная технология ушла в ниши специального применения на ЛЭП.

Навивная технология для сетей ФТТН – это укладка на несущий элемент тонкого оптического микрокабеля. Кабель навивается специальной машинкой, протягиваемой вручную вдоль несущего элемента за фал с земли (рис.13а). При этом



**Рис.15.** Дроп-муфты с подключенными навивными дроп-кабелями: а – на деревянной опоре; б – подвешенная на трос; в – компактная на опоре с укладкой всех кабелей в защитную трубу

она совершает вращательное движение. Машинка достаточно легкая (до 7 кг), поэтому ее можно устанавливать на трос как с лестницы, приставленной к опоре, так и находясь на опоре в "кошках". Навивные кабели поставляются в виде мерных послойно намотанных бухт, оконцованные оптическими разъемами с одной или с двух сторон (рис.14). Бухты вкладываются на шпindel навивной машинки.

Спираль навивки имеет шаг 30–40 см. Навитый кабель плотно охватывает несущий элемент, что

исключает его отрыв при ветровых вибрациях или при обледенении (рис.13б). На концах кабель закрепляется специальными креплениями, которые значительно дешевле кабельных зажимов. На несущий элемент допустимо последовательно навивать множество кабелей. Можно навивать кабель и вручную, натягивая и перекладывая его через несущий элемент с одного из концов пролета или участка отвода в дом. Ручной монтаж возможен для навивки одного кабеля на коротком участке – до 20 м, если вдоль участка, близко к навиваемому кабелю, нет деревьев или других помех. Однако "возможен" – не значит "целесообразен", поскольку здесь очень многое зависит от ловкости рук монтажника, с чем всегда проблемы. Но такой способ годится для быстрого ремонта или срочного подключения дома.

Навивать можно на самонесущий оптический кабель (ОКСН)\*, металлический или диэлектрический трос. Допустима навивка и на электрические провода распределительной сети 0,4 кВ, но это усложнит обслуживание сети из-за необходимости взаимодействовать с энергетиками.

Навивной кабель достаточно прочен на растяжение, и поэтому может провешиваться самостоятельно при отводах в дома, если расстояние от столба до точки крепления кабеля на доме не превышает 20 м и нет потенциальных факторов обрыва (например, кабель находится близко к деревьям, в зоне схода снега с крыш и т.п.). При этом используются недорогие зажимы типа "улитка" без талрепа. Кабель подвешивается от столба к дому, но допускается и отводить кабель в пролете, если точка отвода отстоит от опоры не дальше, чем на 2 м. Если от дома до столба более 20 м или есть опасность внешнего воздействия на кабель, между ними следует натянуть несущий трос и уже на него навить кабель.

При подключении абонентов дроп-кабелем с разъемами на обоих концах не нужна сварка или механическая состыковка волокон. Бригаде монтажников достаточно иметь только раздвижную лестницу и стандартный инструмент. Технологический остаток в виде бухты малых размеров укладывается в небольшую электротехническую коробку снаружи или внутри дома – крестовин с бухтами запаса оптического кабеля нет!

\* Кабели ОКСН для сетей FTTH отличаются от ОКСН для высоковольтных ЛЭП. FTTH ОКСН рассчитан на меньшие пролеты, не имеет антирекинг-материалов и поэтому существенно дешевле. Он также имеет меньше оболочек, в нем нет межмодульного геля и он легче разделяется.

По дому от ввода до оптической абонентской розетки кабель можно прокладывать в кабельных каналах, гофроканалах или под плинтусами (волокно G.657).

В качестве дроп-муфт можно использовать компактные муфты-книжки с кроссом внутри, монтируемые на опору или на трос (рис.15). Прокладывать тонкие кабели вдоль опоры и по внешней стене здания следует в защитной пластиковой трубе с продольным разрезом (рис.15в).

Среди методов прикрепления кабеля к несущему элементу (см. рис.5) навивка выглядит наиболее привлекательной для сетей FTTH, так как, в отличие от лэш-технологии, этот метод позволяет строить полностью диэлектрические кабельные системы и не требует применения автовышки, как в случае прикрепления клипсами/стяжками. Выигрыш перед лэш-технологией еще и в том, что метод навивки позволяет использовать тонкие маловолоконные микрокабели.

Навивная технология в применении к воздушным сетям FTTH, базируясь на принципе маловолоконности, – один из главных кандидатов на массовую технологию для сетей широкополосного доступа в кварталах уже существующей частной застройки. Применение простых не самонесущих дроп-кабелей, без прочных силовых элементов конструкции, обеспечивает максимальную экономичность строительства сети при расширении функциональности ее компонентов. Как и лэш-технология, широко используемая в США для "медных" сетей доступа, навивка позволяет подвешивать множество оптических кабелей в виде одного пучка. А возможность подключения и обслуживания абонентского участка без сварки/состыковки волокон позволяет переносить экономичные принципы организации абонентских подключений сетей FTTH на сети FTTH для индивидуальных домов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гаскевич Е. Сети PON для районов индивидуальной и малоэтажной жилой застройки. Обзор возможных решений. – Первая миля, 2012, №1, с.36.
2. Гаскевич Е., Петренко И. Современные технологии строительства воздушных FTTH-сетей в районах частной жилой застройки. – Первая миля, 2012, №3, с.22.
3. Гаскевич Е.Б., Шевцов С.Л., Убайдуллаев Р.Р. Маловолоконные кабельные системы – новая концепция для оптических "последних миль". – LIGHTWAVE RE, 2003, №2.
4. Гаскевич Е.Б. Навивная технология для строительства сетей FTTH. – Вестник Связи, 2012, №9.