

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОЗДУШНЫХ FTTH-СЕТЕЙ

в районах частной жилой застройки

Е.Гаскевич, egaskevich@teralink.ru
И.Петренко, ip@teralink.ru
ЗАО "Тералинк"

Развитие технологий FTTH требует новых технологий строительства сетей абонентского доступа. В статье рассматриваются две новые технологии для прокладки воздушных FTTH-сетей: одна – на основе дроп-муфт с герморазъемами, другая – на основе навивки тонких оптических кабелей. В России, где доля частной малоэтажной застройки достаточно велика, актуальность подобных технологий в ближайшее время будет все больше и больше возрастать.

Технологии FTTH для районов частной жилой застройки

В работе анализируются две технологии для строительства воздушной FTTH-сети района стандартной городской частной застройки на примере типичного квартала Ростова-на-Дону. В качестве основной рассматривается технология, основанная на применении самонесущих кабелей и дроп-муфт, в качестве которых используются оптические терминалы (муфты) с внешними герморазъемами. Эта технология разработана в США и сегодня завоевывает новые рынки благодаря своей простоте, надежности и эффективности.

Вторая технология предполагает использование в качестве распределительных и дроп-кабелей тонкие маловолоконные оптические

кабели. Она распространена в Юго-Восточной Азии (ЮВА), ее преимущества – экономичность материалов и простота монтажа. Мы рассмотрим ее модификацию – навивку тонких маловолоконных кабелей (мини-кабелей) на несущие элементы: оптические самонесущие кабели (например, типа ОКСН), тросы, диэлектрические тросы или существующие электрические провода. Технология навивки для FTTH пока находится на стадии разработки, тем не менее, она призвана решить определенные задачи по построению сетей FTTH в условиях российской специфики.

Район частной застройки крупного южного города принят для построения модели по ряду причин. В южных городах значительная доля населения – 30-40% и более – живет в частных



Рис.1. Район частной застройки города на юге России

домах. Это типичная городская застройка до и послевоенного периода со стандартным размежеванием участков. Причем в крупных городах сохранится большой спрос на проводное подключение даже при развертывании сетей беспроводного доступа 4G (LTE) ввиду высокой территориальной плотности абонентов. А сегодня частный сектор слабо охвачен проводными сетями ШПД.

Район представляет собой регулярную квадратно-гнездовую структуру из параллельных

улиц, пересекаемых переулками (рис.1). Участки квартала имеют ширину (фронтальный размер) 12–20 м и площадь около 3–6 соток. Один блок участков содержит 30–50 домовладений. Блок – это совокупность участков, располагающихся между двумя улицами и примыкающих к одному переулку. Ширина переулков – 8 м, на них имеется один ряд опор линии электропередач (ЛЭП) 0,4 кВ, расстояние между опорами – 25–40 м. К одной опоре подключают четыре дома. На улицах опоры располагаются в два ряда. Дома, как правило, располагаются вблизи фронтальной линии участков, но некоторые расположены в глубине. Немало случаев объединения двух и более участков одним домовладельцем. И размеры, и площадь варьируются по выбранному микрорайону. На модельные расчеты оказывают влияние ширина участков, регулярность улиц/переулков и ширина переулков.

АНАЛИЗИРУЕМЫЕ МОДЕЛИ

Сравнение технологий мы проводили на основе модели застройки, включающей два соседних квартальных блока, разделенных улицей. Один блок (левый) содержит 38 домов, другой (правый) – 50 домов (рис.2а). Объединенных участков нет. Ширина участков – 13 м. В переулках имеется один ряд опор с шагом 26 м, от каждой из которых

ФИКСИРОВАННЫЙ И ГИБКИЙ ПЛАНЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ

Сети PON условно можно разделить на два типа: сети с фиксированным планом подключения абонентов и с гибким планом подключения.

Сети с фиксированным планом подключения проектируются так, чтобы к линейному порту OLT приписывались однозначно определенные абоненты, независимо от того, подключены они к сети или нет. Такая сеть не гарантирует полную загрузку линейных карт OLT на запланированное число подключений. Как правило, фиксированный план подключения абонентов применяется на сетях вновь строящегося жилья или при планах 100%-ного подключения абонентской базы в ограниченный срок. Такая сеть допускает применение многокаскадной сплиттерной схемы.

Сети с гибким планом подключения абонентов предполагают наличие кроссового поля оптических разъемов в каждом распределительном узле, от которого отходят абонентские волокна без последующего ветвления. При гибком плане

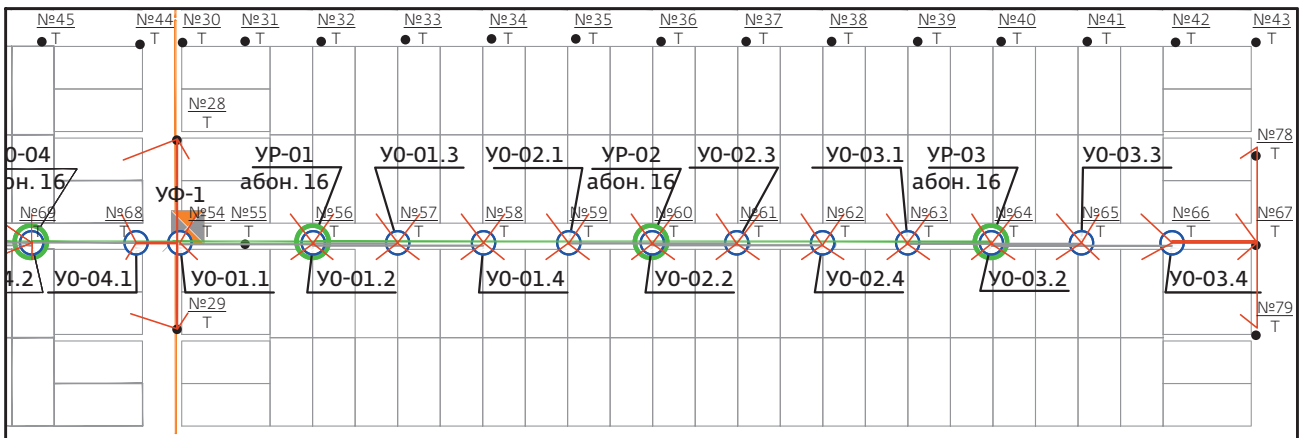
подключения применяется однокаскадная система сплиттеров. В распределительный узел устанавливаются несколько сплиттеров. Каждый последующий абонент подключается к свободному порту последнего установленного сплиттера. После заполнения портов сплиттера в распределительный узел устанавливается очередной сплиттер. По мере заполнения установленной емкости в распределительном узле подключаются очередные фидерные волокна и добавляются линейные карты в OLT.

Гибкий план подключения абонентов позволяет эффективно использовать центральное оборудование PON, распределять инвестиции в оборудование во времени, ограничивать расширение емкости центрального узла в соответствии с возможным процентом охвата абонентов. Гибкий план применяется при долговременной постепенной застройке жилого квартала или для существующего жилья, если конечный процент охвата абонентов неизвестен.



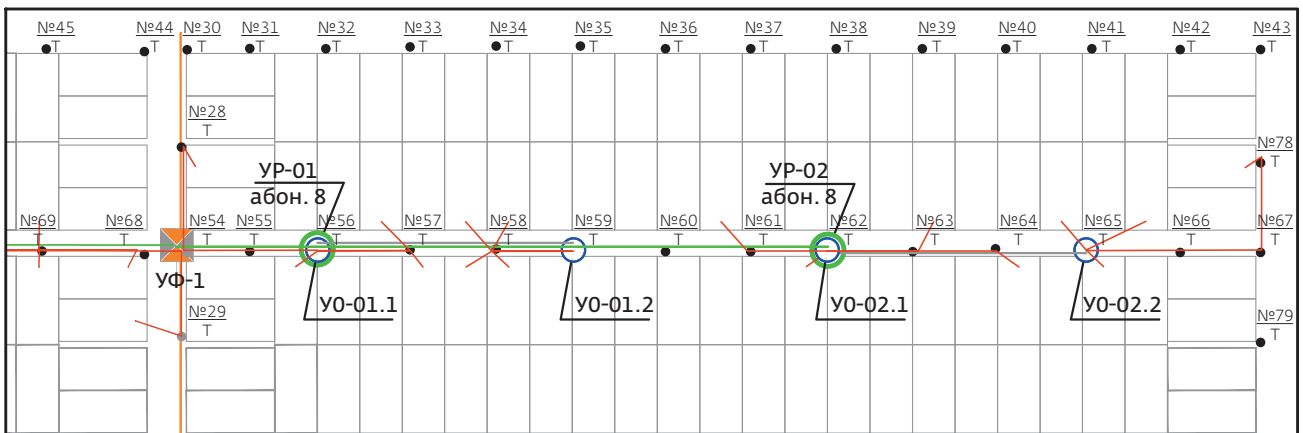
а)

Охват 90%



б)

Охват 30%



в)

- | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| УР – Узел распределительный | Узел фидерный | Кабель фидерный (УФ-УФ) | Кабель распределительный (УР-УО) |
| УО – Узел отводной | Узел отводной на одной опоре с УР | Кабель соединительный (УФ-УР) | Дроп-кабель (отводной) |

Рис.2. Схема квартального блока участков (а) и соответствующая ей модель подключения абонентов частной застройки с 90%-ным охватом (б) и 30%-ным охватом (в). Показан правый квартальный блок (50 участков)

оптические кабели проводятся к четырем домам. Вдоль улицы проходит фидерный оптический кабель ОКСН емкостью 48 волокон.

Анализировались два варианта построения сети – с фиксированной и гибкой схемой подключения абонентов (см. врезку). При фиксированной схеме на каждом пересечении улицы с переулками располагаются фидерные узлы (в модели – один), от которых отводятся волокна в переулки к распределительным узлам. Распределительные узлы шлейфом подключаются к фидерному узлу соединительным кабелем. К распределительным узлам отдельными кабелями подключаются отводные узлы.

При гибкой схеме в месте пересечения улицы и переулка располагается единый на два блока распределительный узел.

Для анализа модели с фиксированным планом подключения абонентов выбраны два варианта – с максимальным номинальным охватом абонентов 90% и 30% (рис. 26, в) – в нашем случае реально получилось 91% и 27%. В варианте 90% в левом (38 участков) и правом (50 участков)

квартальных блоках располагаются два и три распределительных узла и 8 и 12 отводных узлов, соответственно. Каждый отводной узел имеет четыре оптических порта. К такой сети можно подключить максимум 80 домохозяйств из 88. В варианте 30% в блоках устанавливаются один и два распределительных узла и два и четыре отводных узла, максимально 24 подключенных домохозяйства.

Модель с гибким планом подключения абонентов рассмотрена для 30%-ного максимального охвата. При этом в блоках расположены два и четыре отводных узла, которые отдельными кабелями подключены к распределительному узлу, размещенному на пересечении переулка с фидерным кабелем.

Следует отметить, что сети, рассчитанные на 30%-ный максимальный охват, могут быть в последующем расширены путем добавления сетевых узлов или укрупнения существующих, но это потребует более крупных издержек, чем одностадийное строительство сети с повышенным процентом охвата.

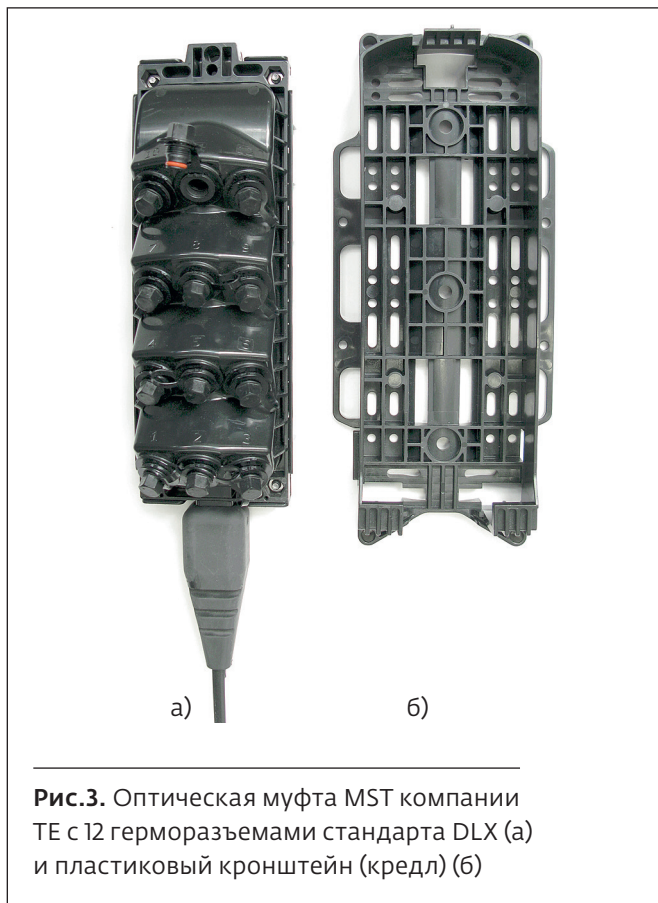


Рис.3. Оптическая муфта MST компании TE с 12 герморазъемами стандарта DLX (а) и пластиковый кронштейн (кредл) (б)

ТЕХНОЛОГИЯ НА ОСНОВЕ ДРОП-ТЕРМИНЛОВ С ГЕРМОРАЗЪЕМАМИ

Оптические терминалы представляют собой закрытую муфту типа MST (multi service terminal) компании TE Connectivity (TE) с присоединенным плоским самонесущим кабелем. На одной из сторон муфты расположены герморазъемы стандарта DLX компании TE (рис.3). Плоский самонесущий кабель имеет конструкцию из двух стеклопучков и оптического модуля между ними, все одинакового диаметра, которые охвачены полиэтиленовой оболочкой. Сечение кабеля - прямоугольник или овал. Сборка кабель-муфта изготовлена на производстве. На опору с помощью лент крепится пластиковый кредл (рис.3б), в который затем вщелкивается муфта MST.

Муфта MST имеет 12 гнезд под адаптеры DLX и выпускается с 4, 6, 8 или 12 задействованными портами. Муфта может содержать сплиттер 1x4 или 1x8. Герморазъемы "мама" (адаптеры) закрыты ввинчивающимися пробками, которые соединены с корпусом муфты пластиковой петлей. Ответный герморазъем "папа" (коннектор) расположен на плоском самонесущем



Рис.4. DLX-разъем (а) и DLX-разъем с адаптером и коннектором SC/APC (б)

дроп-кабеле и закрыт навинчивающимся колпачком, соединенным петлей с корпусом герморазъема. На корпусе герморазъема есть проушина для захвата фалом при протяжке по трубам (рис.4а). При соединении разъема пробка и колпачок также свинчиваются друг с другом и остаются вблизи порта. Поэтому при рассоединениях разъема их легко вернуть на место, чтобы защитить порты от загрязнения. Муфта с подключенными к ней кабелями имеет защищенность класса IP-68. Разъем DLX с помощью переходника может быть соединен с гнездом стандарта OptiTap компании Corning или присоединен к стандартной розетке или разъему типа SC (рис.4б).

Плоские самонесущие кабели (рис.5а) можно завешивать в пролеты до 40 м или прокладывать в защитные пластиковые трубы (ЗПТ) под землей. Они прикрепляются к кронштейнам специальными клиновыми зажимами, выполненными



Рис.5. Плоский самонесущий дроп-кабель с герморазъемом OptiTap (а) и зажим для плоского кабеля (б)

из листовой нержавеющей стали (рис.5б). Такие кабельные зажимы в силу простоты конструкции достаточно дешевы, что важно при строительстве сетей FTTH.

Распределительный узел для фиксированной схемы выполнен на основе универсальной оптической муфты OFDC компании TE с четырьмя транковыми и восемью выводными портами (рис.6а). Муфта оснащена механизмом закрытия откидывающейся вверх крышки на защелках, быстросъемными внутренними сплайс-пластинами, в ней используется специальный герметизирующий гель. В муфте предусмотрено место для хранения оптических модулей. Если муфта расположена на опоре невысоко, можно обойтись без технологического запаса кабелей, заменив его на технологический запас модулей (несколько волокон в трубке из ПБТ), достаточный для проведения работ по сварке у основания опоры. Запас модулей укладывается в корпус муфты.

В рассматриваемой модели в муфту OFDC устанавливается планарный сплиттер 1×16 для охвата 90% абонентов и 1×8 для охвата 30%. Выход сплиттера оформлен в виде 900-мкм волокон с плотным буферным покрытием, которые привариваются

к распределительным кабелям. В данной модели муфта OFDC задействована наполовину при 90% охвата и на четверть – при 30%. При росте числа подключений выше 30% муфту можно доукомплектовать дополнительным сплиттером и удвоить плотность охвата.

Кабели, монтируемые вдоль опор, для защиты вкладываются в специальные 40-мм ЗПТ, предварительно установленные на опоры с сетевыми узлами (рис.6б, на рисунке показана ЗПТ диаметром 25 мм).

Фидерный узел в варианте фиксированного подключения выполнен в виде тупиковой муфты. В варианте гибкого подключения фидерный узел совпадает с распределительным и выполнен в виде шкафа с кроссовым полем абонентских линий, сплиттерами и паркингом. В качестве такого шкафа выбран шкаф BUDI компании TE, защищенный внешним металлическим шкафом (рис.7). Шкаф BUDI имеет модульную наращиваемую конфигурацию, заполненную наполовину при 30% охвата. Сплиттерные модули кроссового поля совмещены со сплайс-пластинами, что облегчает подключение распределительных кабелей. Шкаф может быть укомплектован устройством

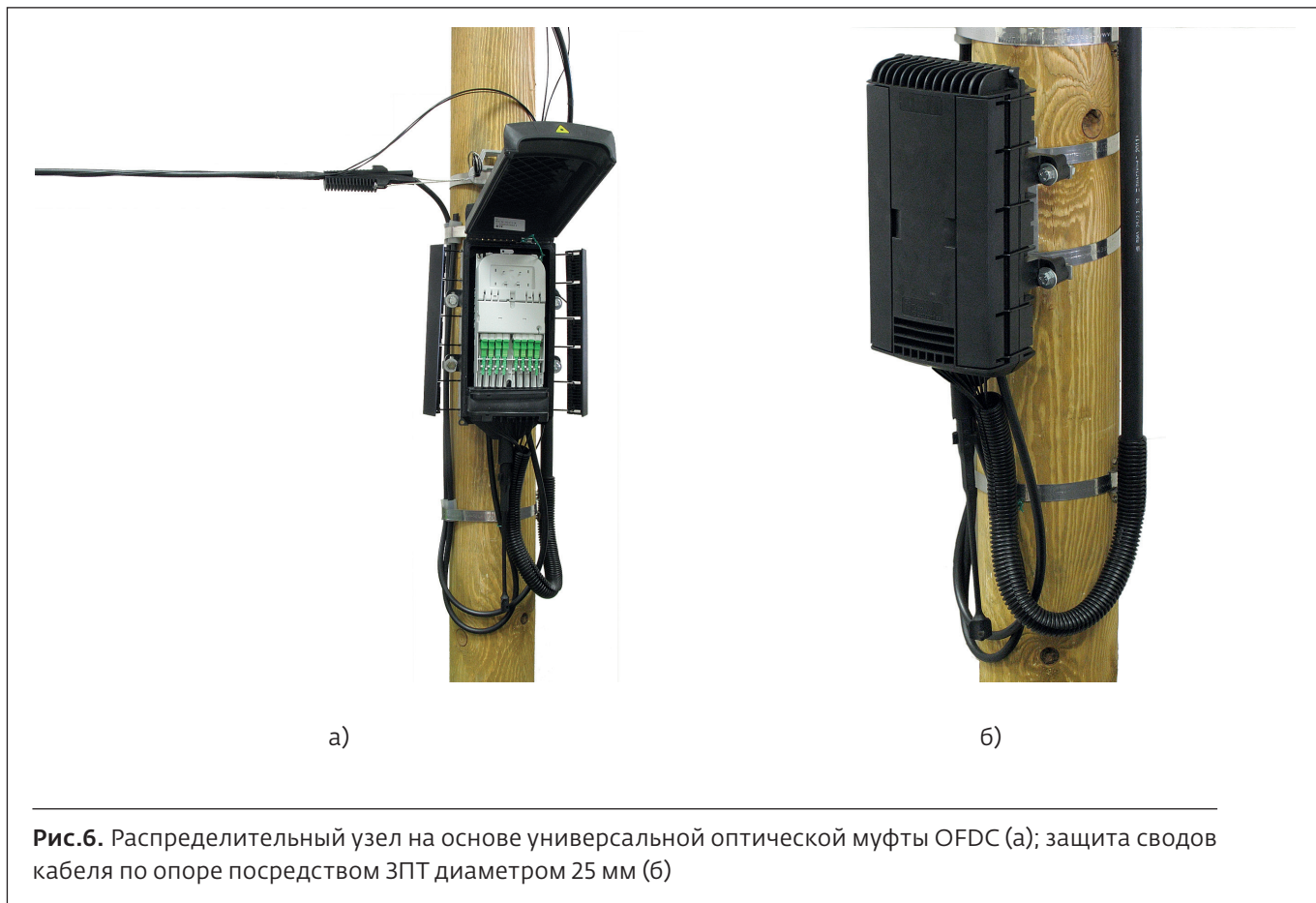


Рис.6. Распределительный узел на основе универсальной оптической муфты OFDC (а); защита сводов кабеля по опоре посредством ЗПТ диаметром 25 мм (б)

хранения модулей. Это позволяет устранить запас кабелей на крестовине и использовать при сварках запас модулей.

Вариант гибкого подключения позволяет по мере роста числа абонентов доукомплектовывать стационарный узел PON (OLT) линейными картами, а распределительные узлы – сплиттерами. Также возможно монтировать отводные узлы и распределительные кабели к ним по мере появления первых абонентов. При этом следует корректировать проектное расположение отводных узлов в соответствии с реальным территориальным распределением запросов на подключение к сети.

Монтаж FTTH-сети с фиксированным планом подключения абонентов проводится в следующем порядке: прокладываются фидерные кабели и фидерные узлы вдоль улиц, монтируются все кронштейны на распределительных участках, затем устанавливаются распределительные узлы, монтируются соединительные кабели и подключаются в фидерные узлы (подключаются одновременно, для аккуратной укладки петель запаса). После чего монтируются

отводные узлы и от них проводятся распределительные кабели к распределительным узлам для приварки их волокон к выходным волокнам сплиттеров. При подключении к фидерному узлу выполняются две сварки на 16 абонентов (90%) или две сварки на восемь абонентов (30%). При подключении к распределительному узлу – одна сварка на абонента.

При подключении абонента завешивается дроп-кабель, в порт отводного узла ввинчивается герморазъем. Кабель заводится непосредственно в дом или на переходную панель на стене дома, от которой в дом заходит внутриобъектовый пигтейл. В доме (на стене дома) при подключении абонентской розетки делается одна сварка или механическая состыковка.

Максимальное число кабелей в одном пролете для данной схемы: четыре для 90%-ного охвата и шесть – для 30%-ного (см. пролет перед УО-01.2 на рис.2). Также следует учесть возможность прокладки вдоль переулков фидерного кабеля (максимально пять и семь кабелей). Расположение шести кабелей в пролете показано на рис.8.

ТЕХНОЛОГИЯ НА ОСНОВЕ НАВИВНЫХ МИНИ-КАБЕЛЕЙ

Эта технология относится к классу маловолоконных [1, 2], в которых благодаря ограниченному числу волокон в кабеле (в данной модели до четырех) достигается значительный технологический и/или экономический эффект. Распределительные и дроп-кабели навиваются на несущий трос при прокладке вдоль улиц и переулков (рис.9). В качестве несущего элемента можно использовать уже провешенный круглый самонесущий оптический кабель типа ОКСН. Навивные кабели имеют малый размер (2×3 мм) и массу (до 7,5 кг/км).

Рассмотрим вариант навивного кабеля европейского производства с возможностью подвеса как самонесущего (назовем его "европейский кабель") в отводах к домам длиной до 20 м, а также более экономичный вариант, в котором используется дроп-кабель с сечением "бабочка" без несущего элемента (рис.10а). Отметим, что в странах Юго-Восточной Азии широко применяется самонесущий дроп-кабель с сечением "бабочка"

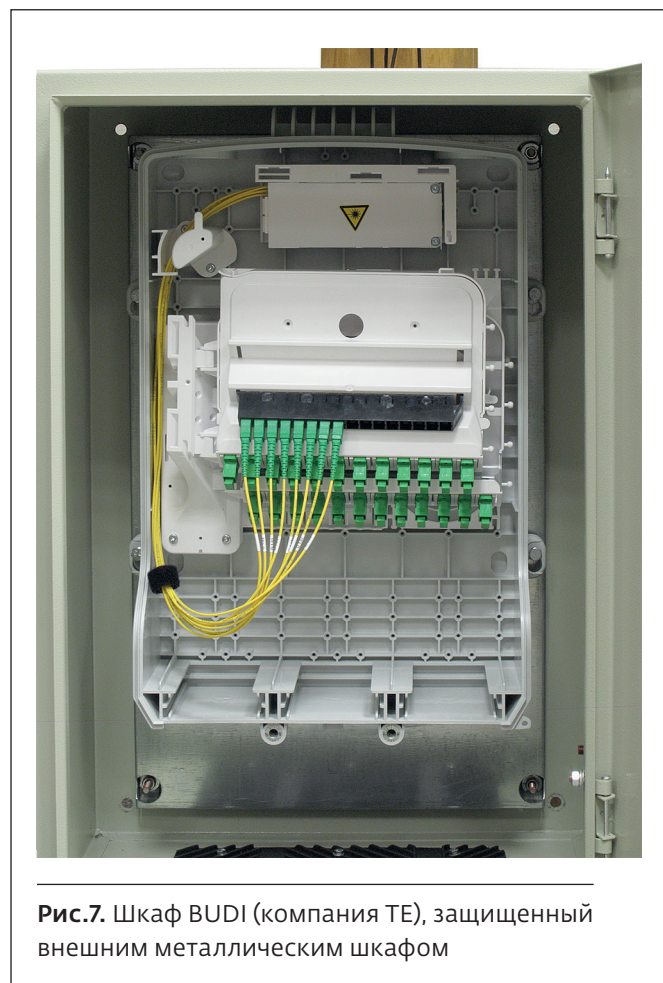


Рис.7. Шкаф BUDI (компания TE), защищенный внешним металлическим шкафом

с интегрированным вынесенным силовым элементом в виде стальной проволоки (рис.10б). Несмотря на экономичность, такой кабель следует применять в России с опаской. Во-первых, он – недиэлектрический. Во-вторых, такой кабель не соответствует климатическим требованиям для большинства российских регионов (не работает при -40°C , не противостоит гололедно-ветровым нагрузкам). В южных регионах России он легко рвется деревьями. Особенно недопустимо подвешивать такие кабели в пучках на один кронштейн с расхождением в серединах пролетов, как это можно увидеть на фотографиях оптических кабельных систем, сделанных в странах ЮВА. Подобное встречается и в Подмоскowie для самонесущих телефонных витых пар, подвешенных на заре коттеджного строительства. Однако в ЮВА не бывает обледенения, а для витых медножильных пар допустимо растяжение, позволяющее перераспределять нагрузки в пучке между кабелями. Что же касается оптических кабелей, при перепутывании пучка ветром и последующем обледенении часть их будет оборвана.

Навивные кабели могут быть оконцованы разъемами с одной или с двух сторон (рис.11а). Это позволяет почти полностью исключить работы по сварке при сборке распределительных участков и полностью отказаться от сварок

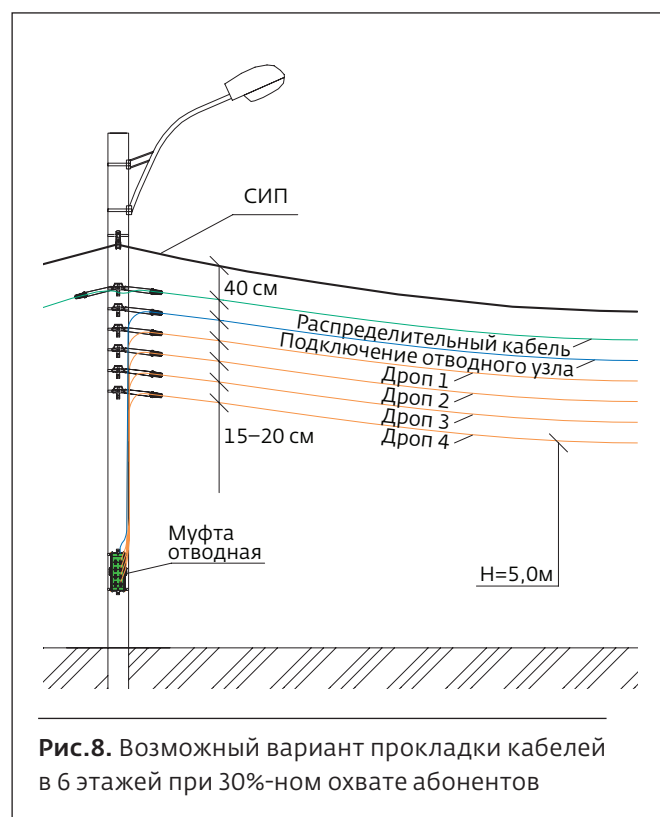


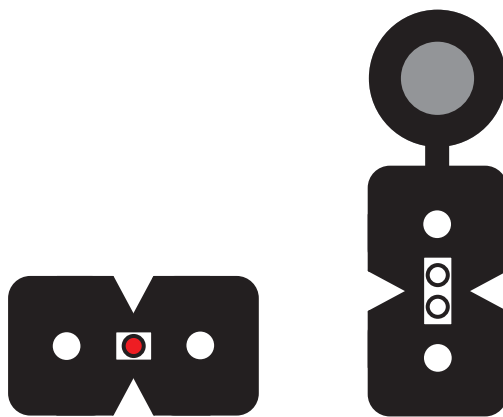
Рис.8. Возможный вариант прокладки кабелей в 6 этажей при 30%-ном охвате абонентов



Рис.9. Три тонких мини-кабеля, навитые на кабель ОКСН (несущий элемент)

при подключениях абонентов. Навивные кабели поставляются в виде плотных бухт различных номинальных длин, которые вкладываются на шпиндель катушки навивной машинки (рис.11б).

Навивная машинка с кабелем весит 5-7 кг. При прокладке она протягивается за фаловую веревку ручную с земли от опоры до опоры (рис.12). При этом она совершает вращательное движение и как веретено навивает кабель на несущий трос. На концах пролета кабель фиксируется на тросе путем намотки специальной ленты и установки пластиковой стяжки или автомобильного хомута. При отводе в дома европейский кабель анкеруется в зажимах типа "улитка". При этом, равно как и в случае применения клиновых зажимов, талреп не нужен. Для экономичного кабеля типа "бабочка" требуется смонтировать несущий трос от опоры к дому или использовать в качестве несущего электрический кабель. Кабель типа "бабочка" в исполнении без дополнительного силового элемента использовать как самонесущий нельзя.



а)

б)

Рис.10. Кабель "бабочка" (а) и кабель "бабочка" с проволочным несущим элементом (б)

В рассматриваемой модели фидерные и распределительные узлы выбраны одинаковыми и для технологии с муфтами с гермопортами, и для технологии с навивными кабелями. В качестве отводных узлов для технологии с навивными кабелями используются муфты типа FDC компании ТЕ. Это компактные муфты-книжки с вертикально открывающейся передней крышкой, содержащие до восьми портов SC (рис.13). В них можно ввести до двух распределительных кабелей диаметром



а)



б)

Рис.11. Навивные кабели: а – бухта 100 м 8-волоконного кабеля, оконцованная с одной стороны восемью разъемами SC/APC; б – бухты 100, 60 и 20 м одноволоконного оптического кабеля, оконцованные с обеих сторон разъемами SC/APC



Рис.12. Протяжка навивной машинки с бухтой кабеля за фаловую веревку в пролете вдоль улицы

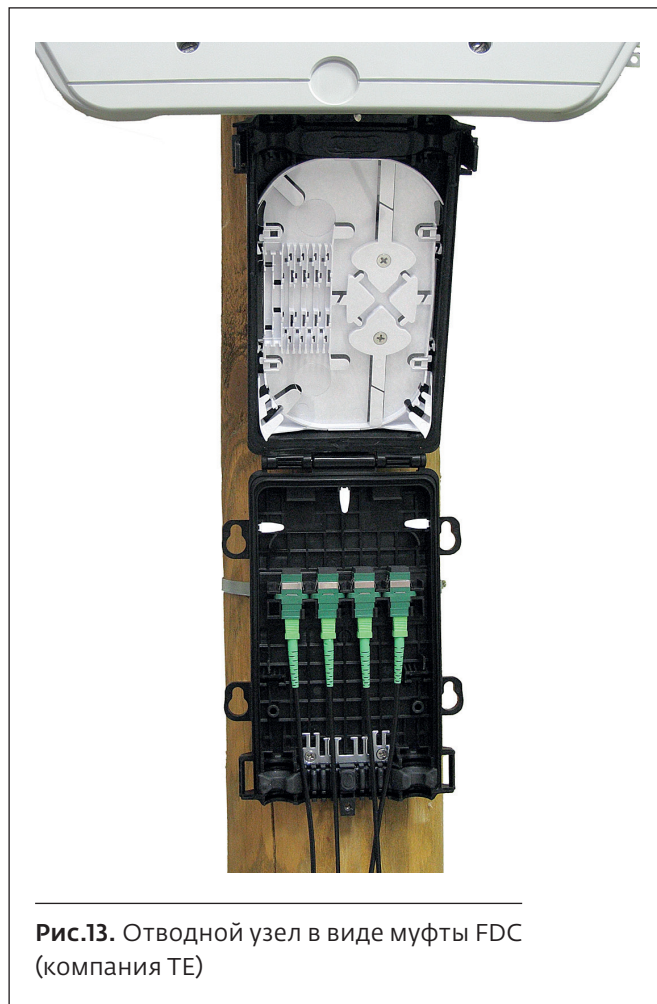


Рис.13. Отводной узел в виде муфты FDC (компания TE)

до 14 мм и до восьми 3-мм кабелей. Муфты FDC имеют гелевую герметизацию и один невыпадающий винт для фиксирования крышки. Это очень удобно при подключении и обслуживании с лестницы, когда муфта установлена на опоре.

Как и в варианте муфт с гермопортами, на узловых опорах устанавливаются ЗПТ для вкладывания и последующей защиты кабелей, но их диаметр меньше – 25 мм. Вместо крестовины для хранения запаса кабеля используется отдельный небольшой металлический шкаф для хранения бухт с остатками навивных мини-кабелей. Также технологический запас мини-кабелей может быть уложен непосредственно в муфту, если она имеет органайзер хранения избытка модулей. Это особенно удобно, когда выбран способ сборки распределительной части сети без сварок. В таком случае соединительные и распределительные навивные мини-кабели должны иметь разъемы с обоих концов.

Навивные кабели позволяют ограничиться "одним кабельным этажом". Все кабели навиваются на один трос или ОКСН. Особенно это важно, когда места завеса кабелей на опорах ограничены. Также навивная технология позволяет удовлетворить требованиям электриков не

создавать дополнительные кабельные системы, затрудняющие обслуживание электрической части опор. Например, муфты можно подвесить на несущий трос или на кронштейн вблизи несущего троса/ОКСН (рис.14). При этом кабельная система получается настолько компактной, что позволяет перешагивать через нее при подъеме на опору с помощью "кошек".

Последовательность строительства распределительной части сети аналогична варианту с герморазъемами, с той лишь разницей, что в случае гибкой схемы и при частичной подготовке к подключению вдоль улиц следует повесить не только кронштейны, но и несущий трос.

Анализ надежности и затрат на обслуживание

Обе рассмотренные технологии имеют высокий уровень надежности, так как позволяют сегментировать сеть. Сеть на основе технологии с гермопортами более надежна, например, в кварталах, где на улицах много деревьев (это типично для



Рис.14. Отводная муфта FDC, подвешиваемая на несущий трос. Навивные кабели защищены ЗПТ 10 мм на участке муфта-трос

южных городов). При навивке необходимо обрезать кроны вблизи несущего троса, чтобы избежать и помех при прокладке, и повреждений тонких навивных кабелей стволами и ветвями деревьев. При замене поврежденного кабеля вариант с герморазъемами кажется более простым, однако при повреждении навитого мини-кабеля его можно оставить в пролете, навив поверх новый, что также очень технологично.

При общем паритете достоинств, сеть на технологии с гермопортами все же проще в обслуживании, поскольку кабельная система более традиционна (кабель + зажимы). Индивидуальные абонентские герморазъемы обеспечивают большую оперативность и надежность обслуживания абонентских участков сети. Однако оператор попадает в зависимость от поставщика компонентов, так как стандарт оптических герморазъемов для сетей FTTH еще не устоялся, и каждый производитель предлагает свою конструкцию герморазъема, несовместимую или малосовместимую с другими. На это следует обратить внимание при частичном охвате абонентской базы и растягивании подключений на несколько лет.

Есть одна особенность российского рынка, при которой вариант с герморазъемами может повлечь повышенные операционные расходы. Если использовать опоры ЛЭП 0,4 кВ и нет возможности установить свои, то во многих случаях оператор должен оплачивать аренду владельцу опор. При этом арендная плата пропорциональна числу подвешенных кабелей, умноженному на число используемых опор. Владельцы опор

объясняют это тем, что с ростом числа непрофильных кабелей осложняется доступ к электрическим проводам и становится невозможным их обслуживание без корзины автовышки. Навивная технология требует подвеса только одного кабеля или несущего троса, соответственно, арендная плата может снижаться в разы.

АНАЛИЗ ЗАТРАТ НА МАТЕРИАЛЫ И СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

ЗАТРАТЫ НА СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ (СМР) в данной модели рассчитывались пропорциональными затратам на материалы и не зависели от выбранных материалов. Конечно, такое допущение вносит ошибку в определение общих затрат, и следовало бы проанализировать сметы на СМР. Но мы рассматриваем новые технологии, и без практического опыта строительства "теоретические" сметы сами по себе могут вносить неточности. Поэтому ограничимся качественным анализом затрат на СМР.

При монтаже сетей FTTH современные компоненты для узлов (муфты, шкафы), разработанных ведущими мировыми производителями соединительного оптического оборудования, позволяют значительно повысить производительность труда по сравнению с подходом на основе традиционных муфт и шкафов. Например, вкручивание герморазъема или открытие муфты с гермогелем и защелками требует минуты. А работы по вводу кабеля в стандартную тупиковую муфту и сварка волокна занимают один-два часа. Новые технологии позволяют устранить "полевые" сварки, причем особенно дорогие сварки единичных волокон. Действительно, в варианте 90% охвата/фиксированный план/герморазъемы на абонента приходится чуть больше одной сварки "в поле". В варианте 30%/гибкий план/навивка "полевые" сварки полностью устраняются, если использовать распределительные кабели, оконцованные разъемами с обеих сторон.

В развитых странах широко применяются многоволоконные разъемы типа MPO или многоволоконные герморазъемы типа OptiTip (компания Corning). Несмотря на повышенные вносимые потери, применение таких разъемов существенно уменьшает затраты на СМР. Однако в России во многих случаях работа сварщика дешевле разъемов MPO, а также стоимости работ по терминированию ими кабеля (поскольку оборудование для полировки таких разъемов пока мало распространено). Поэтому их не закладывают в проекты. Но в мире применение таких разъемов постоянно

растет, прежде всего – в странах Юго-Восточной Азии. Поэтому стоит ожидать снижения цены как на компоненты разъема, так и на оборудование для многоволоконной оконцовки.

Работы по навивке мини-кабеля обойдутся дешевле, чем завес плоских кабелей, но только для длинных участков (200–300 м). Для коротких участков стоимость этих работ примерно одинакова. Навивные кабели требуют меньше расходов на транспортировку и складирование, но эта экономия несущественна на этапе строительства.

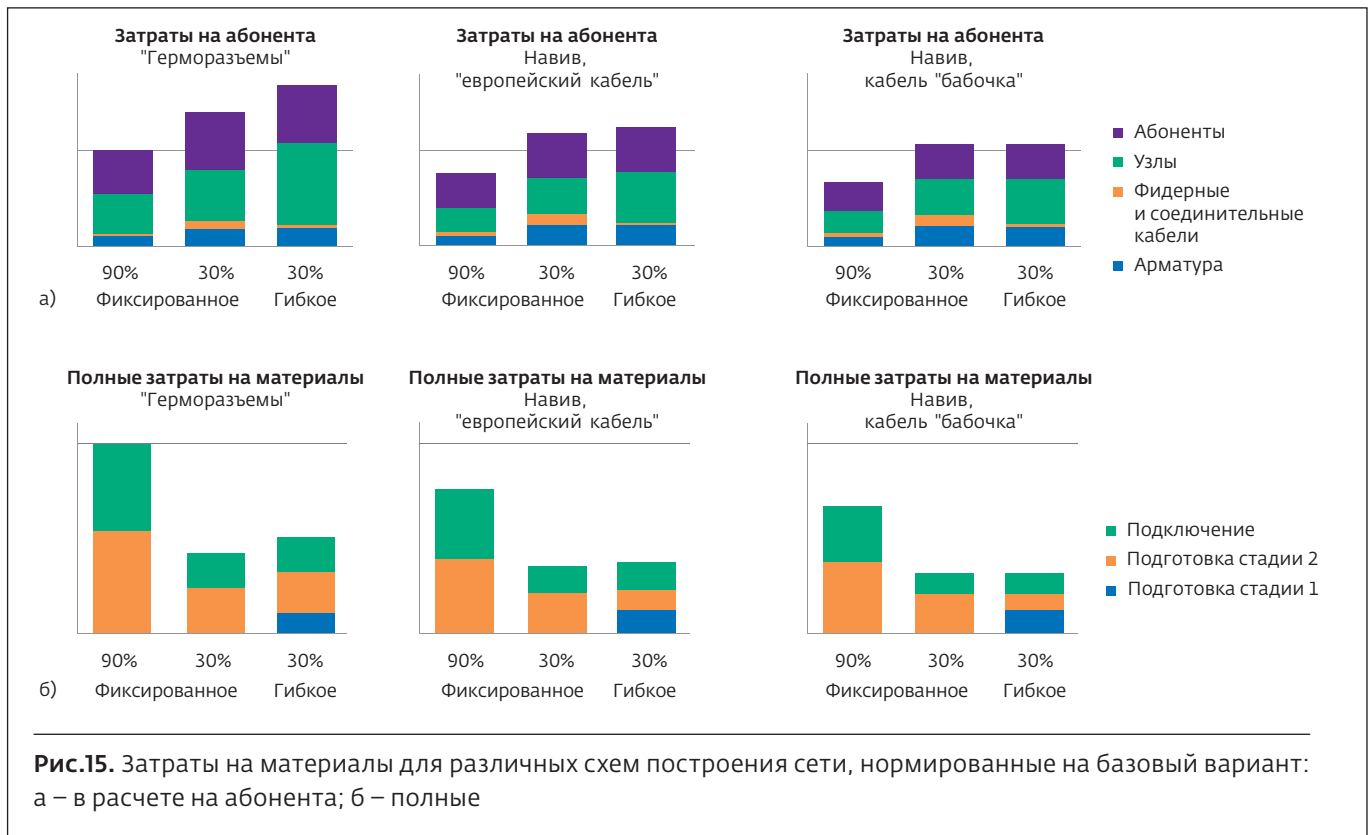
Разница между технологиями может проявиться на этапе подключения абонентов. Действительно, тонкий мини-кабель обладает рядом преимуществ:

- технологический запас или остаток дроп-кабеля, если он оконцован с двух сторон, укладывается в небольшую электротехническую коробку снаружи или внутри дома. При этом кабель не нужно перематывать, следует вложить в коробку остаток бухты. Что касается плоского кабеля, его технологический запас, например, подвешивается в виде баранки на стену здания;
- тонкий кабель можно без нарушений строительных норм вводить в здание, особенно если он сделан из LSZH-компаунда (Low Smoke Zero Halogen – малодымный, не содержащий галогенов). Для плоского кабеля может потребоваться установка внешней переходной оптической коробки;
- тонкий кабель легко монтировать в коробках, под плинтусами и т.п. внутри здания. Он может быть подключен к абонентскому устройству (ONT) напрямую, однако все же рекомендуется установить абонентскую розетку;
- если дроп-кабель имеет разъемы с обеих сторон, то не требуется комплект оборудования для обработки волокон (аппарат дуговой или механической сварки/состыковки,

скальватель, стрипперы и т.д.). Бригаде подключения не нужно ни обладать высокой квалификацией "сварщика", ни носить с собой дорогостоящее оборудование.

Анализ затрат на материалы представлен в виде ряда гистограмм (рис.15). Затраты оценивались в относительных единицах в расчете на подключенного абонента при полном запланированном проценте подключений. За единицу выбран базовый вариант – 90% охвата/фиксированное подключение/герморазъемы. В гистограммах выделены затраты на арматуру, фидерные и соединительные кабели, оптические узлы (фидерные и распределительные) с участками распределительных кабелей (Узлы) и комплект абонентского подключения – дроп-кабели, арматура, абонентская розетка, расходные материалы (Абоненты). Часть без материалов абонентского подключения составляет долю материалов для подготовки территории к подключениям. Абсолютные значения полных затрат на материалы FTTH-сети различных вариантов рассматриваемой модели находятся в пределах 150–350 долл. в расчете на одного абонента. Другой ряд гистограмм (рис.15б) показывает полные затраты, с разделением на стадии подготовки при гибком плане подключений. Гистограммы нормированы на базовый вариант.

Из гистограмм видно, что при плотности охвата 30% затраты на абонента после подключения всех запланированных пользователей выше на 40–60% для обеих технологий по сравнению с затратами при плотности 90%. Абсолютные затраты на подготовку территории к подключениям абонентов с максимальным охватом 90% примерно в два раза больше, чем для подготовки территории при 30% охвата. При выборе гибкой схемы подключения затраты на материалы (без материалов на абонентское подключение) в пересчете на абонента увеличиваются для варианта "герморазъемы"



приблизительно на 20%. В вариантах "навивка" эти затраты практически равны затратам фиксированного плана подключений.

Следует отметить значительный удельный вес арматуры в структуре затрат – 10–20%. Причем для модели подбирались арматура без запаса по допустимым нагрузкам и по возможности отечественного производства.

Фидерные и соединительные кабели имеют очень небольшую долю в структуре затрат. В модели не учитывалась стоимость оптического кабеля, подключающего микрорайон к узлу связи как целое. В условиях города эта часть сети не будет существенно влиять на затраты в пересчете на одного абонента. Однако для сельских населенных пунктов, коттеджных и дачных поселков удельная доля затрат на магистральный кабель может стать значительной.

На гистограммах рис. 15б в третьей колонке при гибкой схеме видны затраты на промежуточную стадию подготовки к подключениям (стадия 1), не включающие затрат на распределительные муфты и кабели. Эти затраты в два-три раза меньше полных затрат на подготовку к подключениям по фиксированной схеме с охватом 30% абонентов. Двухэтапная подготовка территории позволит оператору подключить первых абонентов и начать

предоставлять услуги при недостатке первичных инвестиционных средств.

Краткие выводы

Таким образом, обе рассмотренные технологии строительства воздушных сетей FTTH могут оказаться намного эффективнее традиционного способа прокладки воздушных оптических кабелей по схеме "арматура-кабели-муфты-сварки". Сеть, построенная по технологии с герморазъемами, проста и надежна, такой подход рекомендуется при большом ожидаемом проценте подключений абонентов. Но эта сеть несколько дороже сети на основе технологии навивки мини-кабелей. Навивка миникабелей выигрывает при выборе гибкого плана подключения абонентов с небольшим финальным процентом охвата или при ограничениях на число кабелей в пролетах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаскевич Е.Б., Шевцов С.Л., Убайдуллаев Р.Р. Маловолоконные кабельные системы – новая концепция для оптических "последних миль". – LIGHTWAVE RE, 2003, №2.
2. Гаскевич Е. Сети PON для районов индивидуальной и малоэтажной жилой застройки. – Первая миля, 2012, №1, с.34–42.