

## ВОЗДУШНАЯ FTTH-СЕТЬ ДЛЯ ЧАСТНОГО СЕКТОРА на основе оптических кабельных жгутов

Е.Гаскевич, директор по развитию ЗАО "Тералинк"

Статья посвящена новой отечественной инженерной разработке – кабельной системе FTTH для кварталов частного жилья, которая строится из тонких оптических кабелей, свитых в жгуты. Показана экономическая эффективность системы при ее высокой надежности и удобстве обслуживания, рассматривается новая технология создания подвесных оптических жгутов, описан способ построения системы путем последовательной навивки тонких оптических кабелей на самонесущий оптический кабель или диэлектрический трос.

Проводные сети ШПД к концу 2013 года практически полностью охватили многоэтажную застройку больших и малых городов России и стали активно проникать в частный сектор жилья, который с учетом сельских населенных пунктов составляет около четверти жилищного фонда России. Столь обширный охват многоэтажных домов объясняется малыми стартовыми вложениями в сеть и небольшими затратами на подключение квартир. Для многоэтажного жилья в основном используются сети FTTB (Fiber to the Building) – волокно до многоэтажного дома, а к квартирам подводятся кабели из витых пар Cat. 5, что несложно и недорого. Иная картина развития сетей ШПД в частном секторе. Единственно рентабельный тип проводной сети частного сектора жилья – FTTH (Fiber to the Home): волокно проводится в дом абонента, но все равно затраты на подключение в несколько раз выше, чем для FTTB. Этим объясняется дисбаланс охвата многоквартирного и частного жилья.

К концу 2013 года значительно снизились цены на оборудование GPON (Gigabit Passive Optical Network) и GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network), а также появились эффективные оптические кабельные системы доступа. Кроме того, начал повсеместно внедряться новый стандарт мобильного широкополосного доступа LTE (Long Term Evolution), который,

будучи ориентированным на современные гаджеты с мобильным доступом, стал дополнительным стимулом подключения домов к проводной широкополосной сети.

### ПОДВЕСНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЖГУТЫ

При построении сети FTTH в квартале частных домов в пролетах столбовых линий подвешивают несколько оптических кабелей разного назначения [1]. В каждом пролете в среднем находится 3–5 кабелей, а в некоторых пролетах их количество доходит до 8–10. Стоимость кабелей в расчете на одно подключение\* можно вычислить, если среднее количество кабелей в пролете умножить на длину фронта типового участка, разделить на 2, добавить среднюю длину кабеля от опоры до дома и по дому абонента и умножить получившуюся длину на среднюю цену кабеля. Чтобы уменьшить стоимость кабелей, нужно или сократить их количество, или уменьшить цену каждого. Сокращение количества кабелей приводит к увеличению числа дроп-муфт и сварок и, следовательно, к росту общей цены подключения.

\* Эта оценка верна для 100%-го подключения домов по обе стороны улицы.



Рис.1. а) Жгут из 8 навивных кабелей на ОКСН; б) жгут из 6 навивных кабелей на тросе

Уменьшить цену кабелей можно, если применять тонкие кабели с малой допустимой нагрузкой. Но такие кабели нельзя свободно подвешивать в пролетах, их необходимо прикреплять к несущему элементу – тросу, проволоке, проводу или к самонесущему кабелю. Таким образом, подвешивание на несущий элемент тонких оптических кабелей в виде жгута приводит к снижению стоимости кабелей в расчете на одного абонента, которая составляет основу затрат на материалы ФТТН-сети.

Подвешивать тонкие оптические кабели можно было бы путем прикрепления их к силовому элементу хомутами или проволокой [2]. Но в этом случае возникают требования по стойкости кабелей к боковому раздавливанию, а это приводит к увеличению их цены. Наиболее эффективно прикреплять кабели к несущему элементу, обвивая их под натяжением, последовательно, кабель за кабелем [3]. При навивке с постоянным шагом получается плотный жгут, по оси которого проходит силовой элемент.

Для подвеса на опоры ЛЭП-0,4 кВ навивные кабели и несущий элемент не должны содержать металл. В качестве несущего элемента может быть использован оптический самонесущий кабель типа ОКСН\* или диэлектрический трос. Жгут из девяти оптических кабелей, восьми тонких навивных кабелей ФТТН и одного ОКСН показан на рис.1а. Основные параметры этого жгута: диаметр\*\* меньше

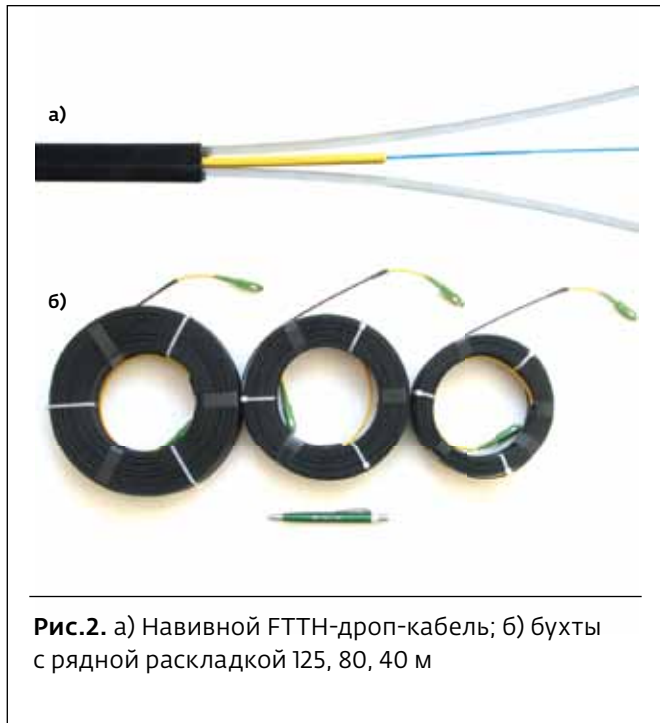
17 мм, допустимая растягивающая нагрузка – 4 кН. Такие жгуты можно создавать в типовых пролетах ЛЭП-0,4 кВ (до 50 м) практически в любых климатических зонах России. При этом количество тонких навивных кабелей может быть больше десяти. Другой пример жгута из шести тонких кабелей, обвитых вокруг диэлектрического троса, показан на рис.1б. Параметры этого жгута: диаметр троса 7 мм, диаметр жгута – меньше 12 мм, допустимая растягивающая нагрузка – 3,5 кН, рекомендуемое максимальное количество навивных кабелей – до восьми. Его также можно подвешивать в пролетах ЛЭП-0,4 кВ.

#### НАВИВНЫЕ КАБЕЛИ И КАБЕЛЬНЫЕ СБОРКИ ФТТН

Навивные кабели ФТТН должны обладать гибкостью, величиной допустимого растягивающего усилия не менее 0,12 кН, не содержать металл, работать при температурах от -40 до +60°C, иметь надежную оболочку, стойкую к УФ-излучению, и размеры поперечного сечения в единицы миллиметров. Гибкость кабелей должна допускать монтажные и рабочие радиусы изгибов от 10–15 мм, а применяемые волокна не должны при таких изгибах иметь повышенного затухания оптического сигнала, т.е. соответствовать стандартам G.657A1 или G.657A2. В сети ФТТН/PON навивные кабели рекомендуется использовать в качестве абонентских дроп-кабелей и распределительных кабелей на участках от сплиттерных распределительных шкафов к дроп-муфтам. Дроп-кабели должны иметь одно волокно, а в некоторых случаях и до четырех волокон. В телекоммуникационных дроп-узлах часто применяют число портов 12, но для сетей типа PON удобнее использовать 2<sup>N</sup>, причем 8 – оптимально, 16 – много. Разумно,

\* ОКСН – оптический кабель самонесущий неметаллический – применяется в основном для ВОЛС-ВЛ. Для сетей ФТТН применяются "сухие", не содержащие межмодульного гидрофобного заполнителя ОКСН с одной полиэтиленовой оболочкой и небольшой допустимой растягивающей нагрузкой (4–6 кН). ОКСН для сетей ФТТН недороги и легко разделяются (например, ДОТа, ДОТс производства ИНКАБ).

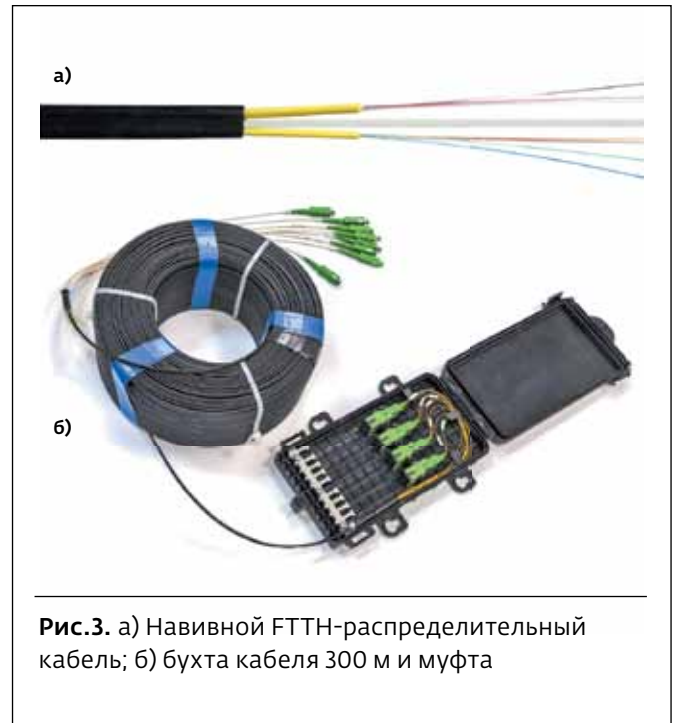
\*\* Диаметр окружности, охватывающей жгут в месте наибольшего утолщения.



**Рис.2.** а) Навивной FTTH-дроп-кабель; б) бухты с рядной раскладкой 125, 80, 40 м

чтобы в распределительных кабелях было не больше восьми волокон и это не сильно влияло на поперечные размеры и погонный вес кабеля [4].

На рис.2а показан навивной FTTH-дроп-кабель. Он имеет поперечное сечение, близкое к прямоугольнику с размерами  $2 \times 3,8$  мм, допустимую растягивающую нагрузку  $0,29$  кН и погонный вес  $8$  кг/км. От одного до четырех волокон свободно уложено в трубку-модуль, заполненную гидрофобным гелем. Кабель допускает свободный подвес в пролетах до  $25$  м с использованием клиновых зажимов, его можно открыто прокладывать по внешним стенам дома и в ПВХ-канале внутри дома, но для прокладки вдоль опоры его следует уложить в защитную трубу или футляр. На участке свободного подвеса от кабельного жгута до дома кабель рекомендуется отводить в пролет к дому непосредственно от жгута на расстоянии  $0,5$ – $1$  м от опоры. Эта мера защищает кабель от повреждения при проведении работ по обслуживанию электросети. Например, кабели при этом не мешают заменять лампы уличных фонарей с использованием автовышки. Дроп-кабель сети PON содержит одно волокно и оконцовывается разъемами с обеих сторон, образуя дроп-патч (дроп). Дропы разных длин, смотанные в плотные бухты с рядной раскладкой, показаны на рис.2б. Важно отметить, что средний

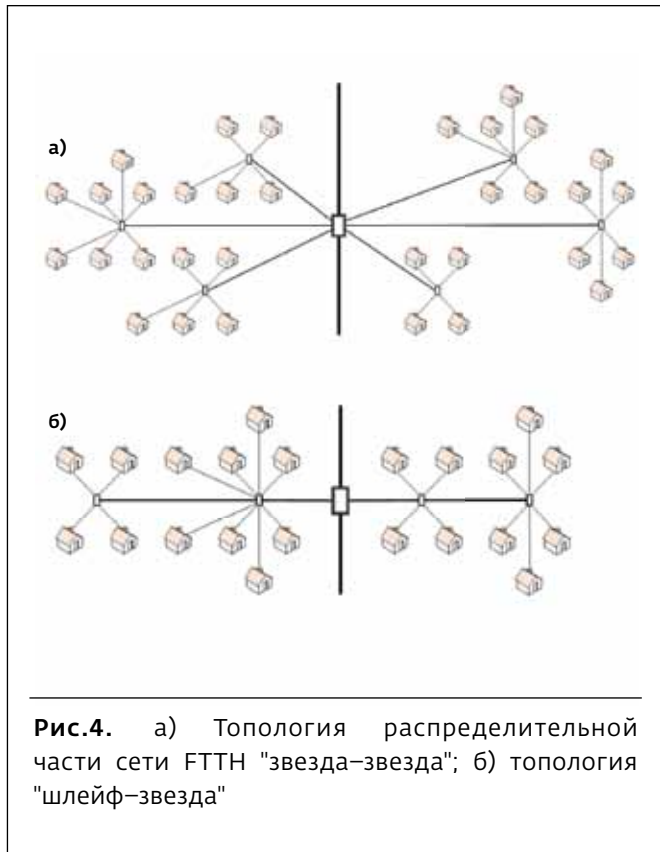


**Рис.3.** а) Навивной FTTH-распределительный кабель; б) бухта кабеля 300 м и муфта

по длине дроп в типовых проектах имеет длину  $60$  м, при этом бухта очень компактна, имеет размеры  $170 \times 45$  мм и вес  $0,5$  кг.

На рис.3а показан навивной распределительный FTTH-кабель. Он так же, как и дроп-кабель, имеет поперечное сечение, близкое к прямоугольнику с размерами  $2 \times 4$  мм, но допустимая растягивающая нагрузка в два раза меньше –  $0,15$  кН, а погонный вес –  $7,8$  кг/км. Кабель имеет два модуля. Максимальное количество волокон – восемь. Кабель нельзя свободно подвешивать, а при прокладке по опоре или по стенам он должен быть защищен. Распределительный кабель сети FTTH для участков от сплиттерных распределительных узлов до дроп-муфт сматывается в плотную рядную бухту, его волокна с обоих концов разводятся в виде "гидры" по одноволоконным модулям или кабелям и оконцовываются разъемами. Пример такой кабельной сборки длиной  $300$  м показан на рис.3б, при этом кабельная сборка соединена с дроп-муфтой (подготовлена к монтажу навивкой). Ее вес вместе с дроп-муфтой составляет  $3$  кг.

Применение оконцованных разъемами дропов и распределительных кабелей практически полностью устраняет сварки оптических волокон при строительстве сети FTTH и подключении домов. Малый вес кабельных сегментов позволяет применять при строительстве и подключениях наряду с автовышкой приставные



**Рис.4.** а) Топология распределительной части сети FTTH "звезда-звезда"; б) топология "шлейф-звезда"

лестницы или даже лазы и существенно упрощает монтаж.

## ТОПОЛОГИИ И УЗЛЫ СЕТЕЙ FTTH, ПОСТРОЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЬНЫХ ЖГУТОВ НА ОСНОВЕ НАВИВНЫХ КАБЕЛЕЙ

Для решения задачи "широкополосный Интернет в частный дом" для распределительной части воздушной сети FTTH наиболее эффективны сети топологии "звезда-звезда" и "шлейф-звезда".

Распределительные кабели сети с логической топологией "звезда-звезда" расходятся звездой от распределительного узла, шкафа или муфты к дроп-муфтам. От дроп-муфт также звездой в дома расходятся дроп-кабели (рис.4а). Для части домов дроп-кабели могут уходить к домам непосредственно от шкафа. При этом фидерные волокна проходят в распределительный узел от центрального узла (от OLT - стационарного терминала оптических линий сети PON) по магистральным и фидерным кабелям, и топология фидерного уровня сети может быть любой. Физически распределительные и дроп-кабели могут располагаться в одном жгуте, навитом, например, на фидерный ОКСН или диэлектрический трос.

Для этой топологии диэлектрический трос применяется в качестве несущего элемента жгута на большинстве участков. Топология "звезда-звезда" позволяет гибко наращивать сеть, добавляя постепенно дроп-муфты и подключая их к распределительному узлу отдельными кабелями. Если оконцованные разъемами распределительные кабели подключены к дроп-муфтам до проведения монтажных работ, то муфты можно монтировать в верхней части опоры без технологического запаса кабеля, так чтобы выходные порты были в непосредственной близости от оптического жгута. При этом специальной защиты для навивных кабелей на опоре не требуется.

Распределительный узел может быть выполнен в виде сварочной FTTH-муфты или в виде распределительного шкафа с кроссовым полем разъемов. Решение для распределительного узла с применением сварочной муфты более экономно по материалам, однако муфта должна располагаться в шкафу, подвешенном на опору, в который также укладываются технологические запасы кабелей. Навивные кабели должны подводиться к месту ввода в шкаф в защитных футлярах, а их технологические запасы должны прикрепляться путем навивки и приматываться липкой лентой к фидерному кабелю, который укладывается в виде бухты в шкаф.

Это решение неудобно при расширении сети и при обслуживании. Экономия средств незначительна и эти неудобства не оправдывают. Распределительный шкаф с муфтой при топологии "звезда-звезда" разумно применять для сетей, которые сразу строятся на 100%-й охват в случае необходимости экономного расходования оптического бюджета тракта OLT - ONT, например, если OLT удален от домов на расстояние более 10 км. Экономия оптического бюджета по сравнению со шкафом с оптическим кроссом составляет 0,5-1,0 дБ. В качестве муфты желательно применять кассетную FTTH-муфту с отдельными сплайс-кассетами для каждого из распределительных кабелей, отдельными кассетами для подключений и сварок фидерных волокон, органайзером для укладки транзитных модулей и местами для сплиттеров. В муфте должны быть предусмотрены вводы для тонких кабелей в необходимом количестве. Оптимальное количество обслуживаемых домов для такого узла - от 16 до 48.

Распределительный шкаф с кроссом позволяет гибко наращивать сеть и исключить сварки при подключении распределительных кабелей, а наличие централизованного доступа

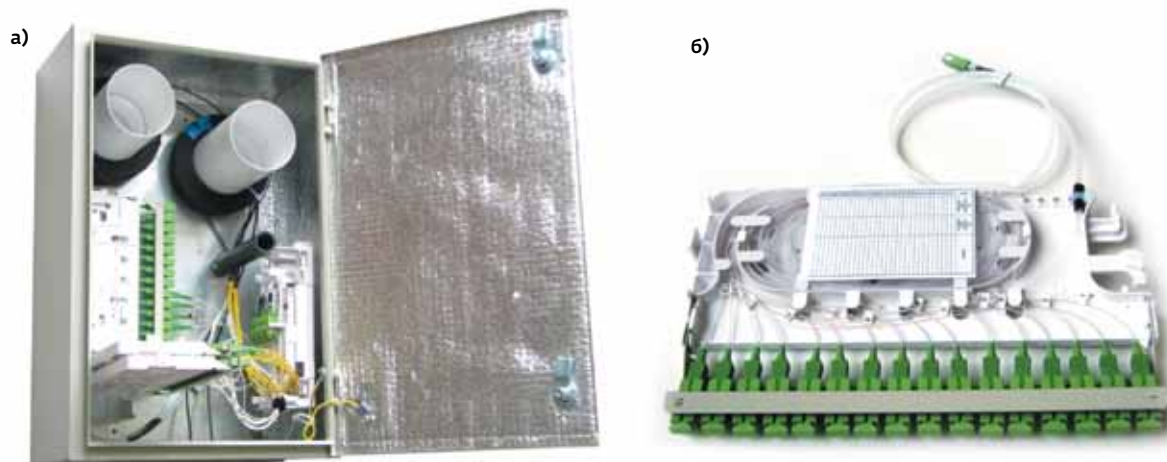
к абонентским волокнам сразу после сплиттера важно для качественного обслуживания сети. Кроссовые модули могут быть выполнены в виде кассет с интегрированными в них сплиттерами. Входное волокно сплиттера может привариваться к фидерным волокнам или подсоединяться к ним через разъем. В последнем случае процедура наращивания емкости шкафа выполняется с лестницы за минуты. В шкафу должно быть организованно место хранения бухт остатков распределительных навивных кабелей, а размеры нижнего гермолюка должны позволять вкладывать бухты в шкаф через люк. Также должны быть предусмотрены средства герметизации люка при вводе через него множества тонких кабелей.

Пример модульного распределительного шкафа показан на рис.5а. Модуль для фидерных кабелей с петлеобразно подключенным кабелем может извлекаться через гермолюк. В нем есть место для хранения транзитных оптических модулей, кросс для подключения фидерных волокон к сплиттерам и сплайн-отсек для сварки фидерных волокон. Кассета расширения на 16 портов со встроенным сплиттером показана на рис.5б. Шкаф имеет два ввода для петли фидерного ОКСН и 20 вводных мест для тонких кабелей (12 для распределителей

и восемь для дропов). Он рассчитан номинально на обслуживание 48 домов, но может быть предельно расширен до 128 портов. Тонкие навивные кабели подводятся к гермолюку в защитном футляре, а сам шкаф крепится на опору с помощью специального кронштейна так, чтобы защитные футляры находились под ним. В двух отдельных футлярах можно разместить Z-образно до 8 м технологического запаса для вводного и для выводного участков фидерного кабеля типа ОКСН. При этом крестовина для хранения технологического запаса ОКСН не применяется.

В топологии "шлейф-звезда" (рис.4б) от распределительного узла отходят многоволоконные самонесущие кабели, каждый из которых шлейфом обходит несколько дроп-муфт, а от них звездой подключаются дома. Как правило, распределительный узел выполнен на основе сварочной муфты. Шкаф при этом не нужен. Обычно от нее отходят 1-3 распределительных сегмента. Допускается совместное расположение фидерных и распределительных волокон в одном кабеле, а также двухуровневое сплиттерное деление, при котором второй уровень сплиттеров располагается в дроп-муфтах. Это значительно уменьшает количество распределительных волокон и сварок





**Рис.5.** а) Распределительный шкаф для сети FTTH на основе навивных оптических жгутов; б) кассета расширения на 16 портов

при монтаже, но все дроп-муфты должны иметь одинаковое количество портов, а это означает, что теряется свобода планирования сети. Разумно, чтобы распределительная муфта обслуживала 16 или 32 дома. В качестве распределительного (или фидерно-распределительного) кабеля следует применять ОКСН, адаптированный к сетям FTTH. Например, хорошо подходит самонесущий шестимодульный кабель с круглым сечением, одной полиэтиленовой оболочкой и водоблокирующей лентой вместо межмодульного гидрофобного заполнителя. Он будет служить несущим элементом для жгута из навивных дропов, которые будут перебрасываться от опоры с дроп-муфтой к опорам, ближайшим к подключаемым домам. Кабель с допустимым усилием растяжения 4 кН недорог и достаточно прочен для подвеса в качестве несущего элемента жгута на типовых пролетах ЛЭП-0,4 кВ.

Дроп-муфты для этой топологии должны иметь специальную конструкцию. Это "муфты-книжки", вертикальные или горизонтальные, оптимизированные для простого многократного открывания-закрывания\*. Они должны иметь внутренний кросс до восьми портов, предусматривающий

петлевое вкладывание транзитного ОКСН, терминальные вводы для восьми тонких кабелей, место хранения транзитных оптических модулей разделанного ОКСН и сплайс-пластины общей емкостью до 32 сварок с местами размещения планарных 250-микронных сплиттеров 1×4 или 1×8. Такие муфты выпускают для азиатского рынка в большом количестве и ассортименте, однако они не подходят для российского климата и российской специфики обслуживания ЛЭП. Примеры надежных транзитных дроп-муфт показаны на рис.6а и 6б. Наилучшее место расположения дроп-муфт на опоре такое, чтобы нижний срез муфты совпадал с уровнем жгута. При этом технологическая бухта ОКСН должна располагаться ниже, на крестовине. Но в этом случае затруднен доступ к портам абонентских линий для обслуживания, и тем операторам, которым доступ важен, муфты следует расположить в середине опоры. Дропы при этом должны подводиться к портам муфты в защитном футляре, а сама муфта должна крепиться на кронштейне над футляром (рис.6в).

Топология "шлейф-звезда" экономна по материалам, но более затратна по монтажным работам. Она рекомендуется для проектов со 100%-й подготовкой к подключениям домов при наличии опытных монтажных бригад сварщиков, имеющих автомобили ЛИОК (лаборатория исследования оптоволоконного кабеля). При этом следует

\* Можно применить муфты с внешними гермопортами, а навивные дропы с герморазъемами [1]. Это решение удобнее для подключения дропов, но дороже.



Рис.6. а, б) Транзитные дроп-муфты на 8 портов; в) укладка навивных кабелей в защитный футляр

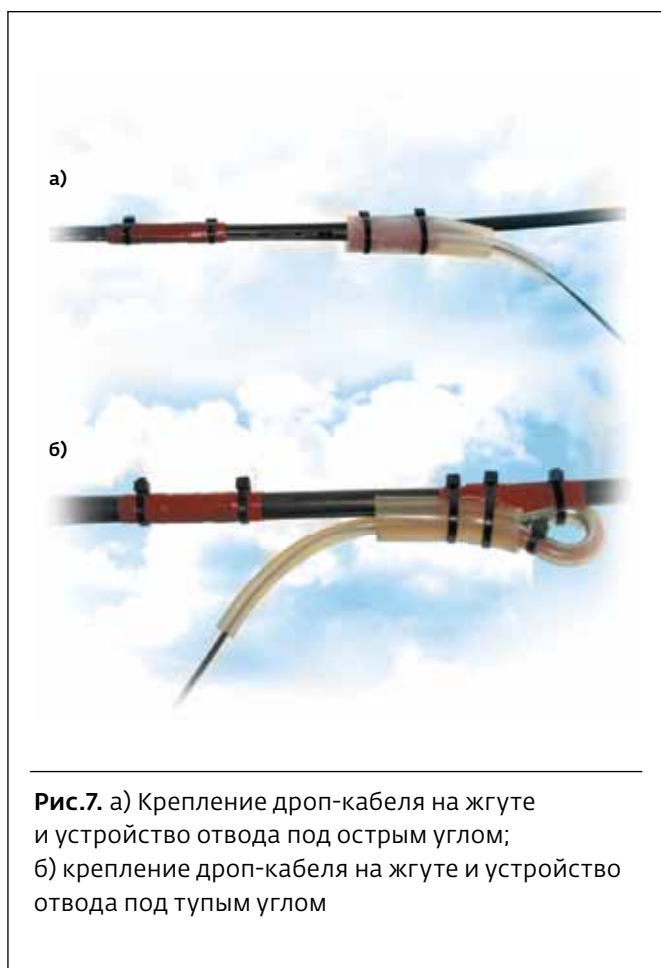
иметь в виду, что применение автовышки для монтажа дроп-муфт нерентабельно, в отличие от строительства по топологии "звезда-звезда". Эти работы проводятся с применением приставных лестниц. Для постепенного гибкого развертывания сети эта топология неэффективна.

### НЕКОТОРЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПОВЫШАЮЩИЕ НАДЕЖНОСТЬ СЕТИ ФТТН НА ОСНОВЕ КАБЕЛЬНЫХ ЖГУТОВ ИЗ ТОНКИХ КАБЕЛЕЙ

Укладка тонких кабелей, спускающихся по опоре, в специальный футляр позволяет оградить их от повреждений при обслуживании электросети с приставных лестниц или лазов. Футляр выполнен из напряженной толстостенной ПНД-трубы (полиэтилен низкого давления), имеющей раскрываемый продольный разрез и скобы с противоположной разрезу стороны. При закреплении футляра за скобы на опоре стальные хомуты разрез не перекрывают. Для вкладывания кабелей футляр раскрывается специальным инструментом, локально расширяющим разрез при протяжке его вдоль футляра (рис.6в). В нижней части на участке под муфтой или шкафом футляр имеет расширение, позволяющее вкладывать кабели без инструмента. Муфта или шкаф крепятся над нижним концом футляра на специальном кронштейне,

который ограждает кабели, вышедшие из футляра, от нештатных воздействий.

Устройства закрепления навивных кабелей на жгуте и устройства отвода навивных дроп-кабелей от жгута в пролеты до домов выполнены на основе специально подобранных липких и самоклеющихся лент и пластиковых хомутов. Для отводов применены также толстостенные силиконовые трубки с продольным разрезом. На рис.7а показано крепление кабеля на жгуте и устройство отвода под острым углом. Хомуты крепления или отвода для простоты монтажа охватывают ранее навитые кабели. Решение на основе лент и хомутов универсально и не зависит от диаметра несущего элемента или количества навивных кабелей в жгуте. Толстостенные трубки, вложенные одна в другую, подобраны таким образом, чтобы ограничивать снизу радиус изгиба кабеля при отводе от жгута. В частности, при отводе на 90° и натяжении кабеля с силой 200 Н радиус изгиба в месте отвода больше 15 мм. На рис.7б показано устройство отвода кабеля под тупым углом. Для этого кабель в жгуте разворачивается на 180° с использованием коуша. Устройства отвода от жгута с возможностью подвеса кабеля в пролете жгут-дом – важное техническое решение, которое существенно повышает защищенность дроп-кабелей



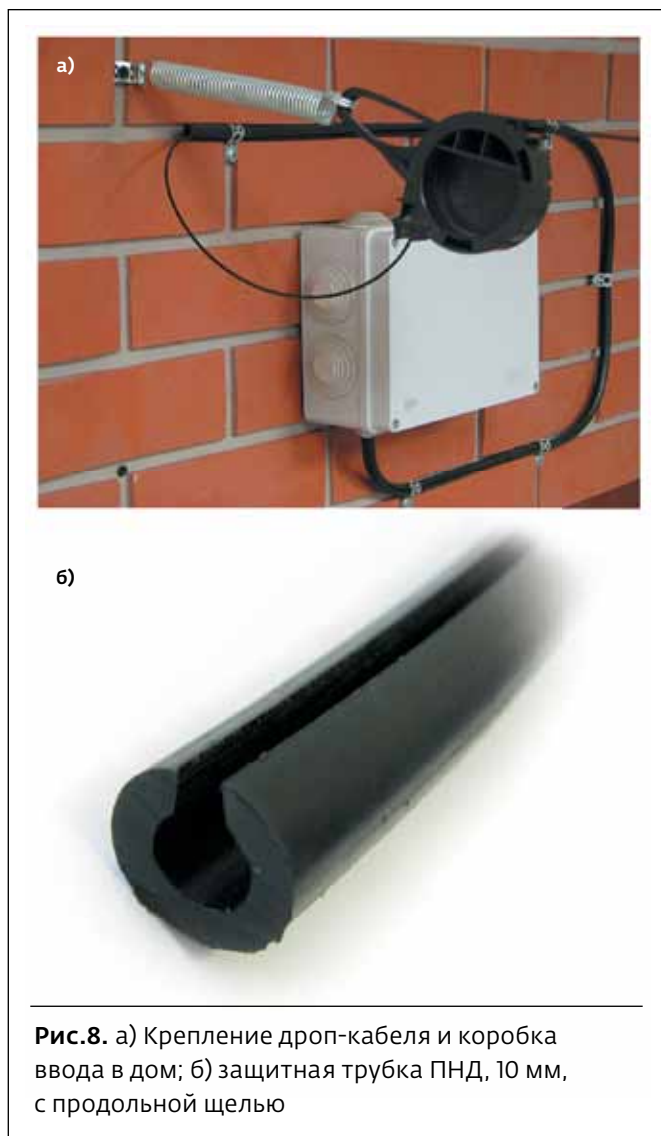
от повреждений на этих участках при обслуживании электрической части и уменьшает количество кабельной арматуры, монтируемой на опорах.

Еще одно техническое решение, значительно повышающее надежность подвески дропов на участке свободного подвеса жгут-дом, – монтаж анкерного зажима дроп-кабеля на стене дома через пружину со специально рассчитанными параметрами (рис.8а). Прежде всего, пружина, растягиваясь, защищает дроп от недопустимого натяжения, вызванного, например, отклонениями положения жгута или опоры из-за бокового ветра. Другой пример – опускание ветвей деревьев на кабель при налипанию снега. Пружина на 20-метровом пролете может отрабатывать до 1,5 м отклонения дроп-кабеля в середине пролета. Параметры пружины подобраны так, чтобы при нештатном боковом воздействии большой амплитуды на подвешенный кабель растяжение пружины переходило в необратимую пластическую деформацию, а затем происходил срыв

зацепа пружины. При этом натяжение кабеля не должно превышать максимально допустимого, а кратковременное натяжение не должно приводить к разрушению кабеля или его креплений. Для применяемой пружины пластические деформации начинаются при натяжении 200 Н, а срыв зацепа происходит при 300 Н (максимально допустимое монтажное натяжение дропа – 290 Н, допустимая нагрузка на устройство отвода – 250 Н, допустимое кратковременное натяжение – 300 Н). Если кабельный зажим срывается с зацепа пружины, то кабель высвобождается из лепестковых креплений на стене дома; с высокой вероятностью он останется целым при нештатном воздействии, например, таком, как падение крупной сломанной обледенелой ветви дерева.

Следующее решение – защита кабеля продольно разрезанной толстостенной ПНД-трубкой при проводке по стенам в местах, доступных с уровня человеческого роста. Трубка имеет диаметр 10 мм, толщину стенки 2 мм и продольную щель шириной 2,5 мм (рис.8б). Трубкой также следует защищать кабель при прокладке по опоре, если есть вероятность его повреждения при обслуживании электросети.





И еще одно решение – укладка остаточной бухты дроп-кабеля в ПВХ-коробку, под которой находится отверстие ввода в дом (рис.8а). Кабель в остатке бухты может быть использован как ремонтный запас при обрыве дропа внутри дома.

## СРЕДСТВА МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ НАВИВКИ ТОНКИХ КАБЕЛЕЙ ПРИ СОЗДАНИИ ЖГУТОВ ВОЗДУШНОЙ СЕТИ FTTH И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

Применение навивочной машинки, с помощью которой на оптический жгут можно навивать очередной тонкий оптический кабель, – принципиальное решение в технологии оптических подвесных кабельных жгутов. Без машинки, вручную, можно навить не больше двух кабелей на коротких пролетах и только если нет помех



в виде соседних проводов или ветвей деревьев. Вручную можно навивать, вращая кабель как скакалку вокруг троса на участке опора-дом, если по каким-либо причинам решено закрепить кабель на трос, например, если расстояние от опоры до дома больше 25 м.

Машинка показана на рис.9. Она состоит из механического привода вращения, рамы, противовеса, балансира, подающих роликов с ограничителями и катушки для кабеля со съемной щекой. Машинка с принадлежностями переносится в удобном кейсе. Внутри шпинделя катушки находится натяжное устройство и контейнер для размещения оптических разъемов внутреннего конца бухты кабеля. На внешней щеке предусмотрены места для закрепления дроп-муфты для удобства установки машинки на жгут с подсоединенной к распределительному кабелю муфтой.

После установки на жгут муфту снимают и монтируют на опору, кабель фиксируют и, протягивая машинку, навивают на жгут в направлении к распределительному шкафу. Кабель навивается с определенным натяжением. По достижении опоры со шкафом кабель закрепляют на жгуте, бухту стягивают стяжками и снимают с машинки, предварительно вынув оконцованный разъемами конец из контейнера и отмотав необходимое количество кабеля. Затем бухту заводят в шкаф через нижний гермолюк и укладывают на барабан для хранения избытков кабеля, разъемы подключают на кроссовое поле, а участок кабеля

от жгута к шкафу укладывают в защитный футляр.

Переносы оптических портов в удаленные от распределительного шкафа дроп-муфты производятся монтажниками, не имеющими квалификации сварщика ВОЛС, без использования автомобиля ЛИОК и сварочного оборудования. Работы можно производить с приставных лестниц, но аренда автовышки в большинстве случаев будет рентабельной (рис.10), так как нет ее простаивающей при сварочных работах.

Катушка машинки рассчитана на максимальную длину кабеля 300 м. Для типовой застройки этого вполне достаточно. Если возникнет необходимость в большей длине, то ее можно навить из двух кабелей с муфтой в промежутке. Вес машинки с 300-метровой катушкой составляет 11 кг; установка на жгут легко производится вручную с лестницы. Навивка дропа производится аналогично, но операций при этом меньше, а машинка с кабелем легче. Дропы можно предварительно проложить навивкой до опор, от которых подключаются дома, и остаточные бухты стяжками или липкой лентой прикрепить к жгуту, защитив коннектор. Подключение домов можно



**Рис.10.** Монтаж оптических жгутов с использованием автовышки

выполнить после подключения дропов к муфтам и прокладки их вдоль улиц. Это удобно, так как для подключения дома нет необходимости в аренде автотехники, использовании навивочного и сварочного оборудования, а работы

по подключению проведет бригада из двух монтажников.

Монтаж при помощи машинки – это монтаж средствами малой механизации, увеличивающей производительность труда. Машинка при использовании защитного кожуха (рис.11) позволяет производить монтаж вдоль улиц с деревьями, кроны которых расположены под ЛЭП. Это особенно актуально для юга России, где в кварталах частного сектора на улицах растут плодовые деревья и их кронирование вызывает конфликты с жильцами. Основные параметры навивочной машинки: вес с балансиром без кабеля и дополнительных противовесов 6,8 кг; радиус апертуры вращения 17 см; диаметр защитного кожуха 39 см; максимальная длина кабеля в бухте 300 м; максимальное количество разъемов, укладываемых в контейнер, – восемь; допустимый диапазон температур окружающего воздуха при монтаже от -10 до +40°C; ориентировочный ресурс до капремонта – 2000 домов.

## ОБСЛУЖИВАНИЕ СЕТИ

Обслуживание сети состоит в внешнем осмотре подвесной кабельной системы, контроле параметров оптических волокон и устранении повреждений кабелей, арматуры и узловых элементов. Предполагается, что измерения оптических параметров и поиск повреждений волокон проводятся без доступа в дома абонентов. Для топологии "звезда-звезда" рефлектометрию и поиск повреждений фидерных и абонентских волокон следует проводить от портов в распределительном шкафу. Это очень удобно. Для топологии "шлейф-звезда" при применении сварной муфты в качестве распределительного узла рефлектометрию абонентских волокон можно делать только от дроп-муфт, но фидерные волокна можно "видеть" только от ЦУС (центрального узла связи) или через сплиттер. При этом желательно, чтобы дроп-муфты не находились на большой высоте. При обрыве жгута можно сделать кабельную вставку в виде участка ОКСН и двух муфт. Муфты такие же, как дроп-муфты для топологии "шлейф-звезда", но в варианте "только под сварку" без внутреннего кросса. В некоторых случаях жгут выгоднее перевить. Одиночные распределительные кабели можно ремонтировать с помощью проходных ремонтных мини-муфт, которые в районе опор можно прикрепить к жгуту лентами и стяжками. Дроп-кабели выгоднее не



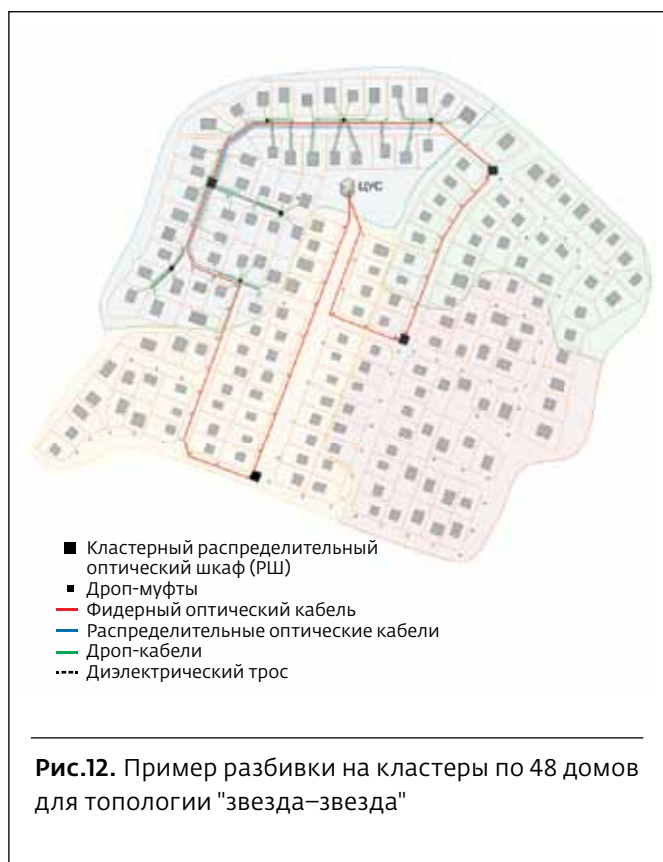
Рис.11. Навивочная машинка в защитном кожухе

ремонтировать, а заменять. При этом поврежденный кабель можно оставить в жгуте, обрезав концы в местах крепления на жгут.

## ЦЕНА МАТЕРИАЛОВ, ЗАТРАТЫ НА СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ, ПЛАН РАЗВЕРТЫВАНИЯ СЕТИ

Цель рассматриваемой технологии – прежде всего снижение затрат на создание сети ФТТН для района частной застройки с использованием существующей инфраструктуры опор при условии выполнения норм и требований к сетям связи, Правил устройства электроустановок (ПУЭ) и необходимом уровне надежности распределительной кабельной сети. Ключевым фактором, позволившим достигнуть поставленной цели, – применение тонких кабелей, разработанных под российские условия, которые в разы дешевле стандартных самонесущих. Количество кабелей в жгутах можно постепенно наращивать по мере необходимости. Это обстоятельство, а также применение топологии "звезда-звезда" и разъемных соединений, позволяют инвестировать в сеть постепенно, по мере увеличения клиентской базы (реальный процент охвата абонентов может сильно отличаться от прогноза).

Для иллюстрации экономических преимуществ технологии жгутов из тонких кабелей для сетей ФТТН рассмотрим типовой коттеджный поселок с нерегулярной структурой улиц и средней длиной фронтов участков 24 м



(рис.12). Для большей части поселка (85%) столбовые линии обслуживают дома с обеих сторон улицы. Была выбрана топология "звезда-звезда" и сделаны оптимизированные расчеты спецификаций на материалы пассивной распределительной части сети для 100%-го и 50%-го охвата домов подключениями.

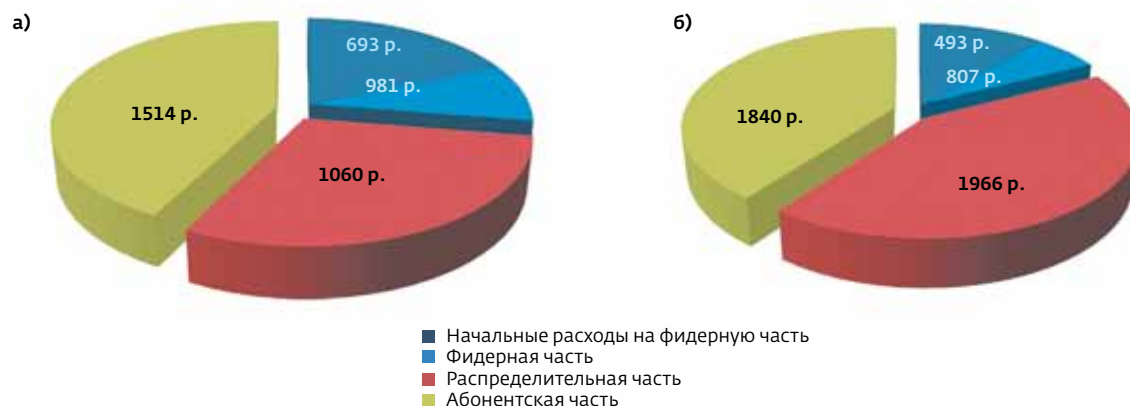
Результаты расчетов представлены на рис.13а и 13б. Учтены все материалы для строительства кабельной системы – от находящегося на территории поселка ЦУС до оптических розеток в домах, – а также расходные материалы; не учтено оборудование ЦУС и активное оборудование сети. Цены на компоненты принимались из предположения прямых оптовых закупок (количество материалов для сети на 500 и более домов). Вместо ЦУС может быть магистральная муфта, в которую приходят волокна от OLT в удаленном ЦУС, но это на распределительную часть сети не влияет. Были выбраны узлы на 48 портов с возможностью наращивания по 16 портов (три этапа наращивания), а дроп-муфты, в основном, на восемь портов. Фидерный кабель для проекта на 100%-е подключение замыкается в кольцо, обеспечивая резервирование подключений распределительных шкафов

(рис.12), а для 50%-го подключения распределительные шкафы подключаются к ЦУС по типу "точка-точка". На диаграммах, изображенных на рис.13а и 13б, показаны затраты на материалы для иерархических частей сети в расчете на подключенного абонента. На каждой диаграмме представлены:

- сектор фидерной части, который включает в себя фидерные кабели с арматурой и комплекты распределительных шкафов;
- сектор распределительной части сети, состоящий из дополнительных тросов, арматуры и дроп-муфт с распределительными кабелями;
- сектор абонентской части, включающий комплекты абонентского подключения, которые состоят из дроп-кабеля, арматуры, коробки ввода в дом, кабель-каналов и оптической абонентской розетки.

На секторе фидерной части выделен подсектор материалов, минимально необходимых для подготовки района к подключениям, – фидерные кабели с арматурой и распределительные шкафы без сплиттерно-кроссовых модулей. Для 100%-го подключения стартовать можно с 450 руб. в расчете на подключенный в будущем дом; при





**Рис.13.** Затраты на материалы кабельной системы FTTH на основе оптических жгутов от ЦУС до абонентских розеток в домах: а) 100%-й охват домов подключениями к сети; б) 50%-й охват

подключении всех домов стоимость материалов сети уложится в 3600 руб. в расчете на дом (3200–4000). При 50%-м финальном охвате стартовать можно от 500 руб. в расчете на подключенный в будущем дом, а стоимость материалов сети уложится в 4600 руб./дом (4500–5500). Эти показатели относятся к выбранному примеру. При более плотной застройке стоимость материалов в расчете на дом снижается, а при редкой застройке – растет и может вырасти существенно, например, если столбовая линия обслуживает дома только по одной стороне улицы. Стоимость материалов для топологии "шлейф-звезда" ниже, но при этом возрастут затраты на строительномонтажные работы (СМР).

Точный расчет затрат на СМР зависит от специфики их проведения той или иной компанией. Можно отметить, что топология "звезда-звезда" практически полностью устраняет сварки волокон, позволяет эффективно использовать автовышку, и монтаж большинства сегментов делается навивочной машинкой. Для топологии "шлейф-звезда" СМР до этапа подключения домов аналогичны строительству стандартной сети типа "кабель-муфта", но подключения домов делаются без сварок и в дроп-муфте, и в доме. Муфты могут быть на 6–8 портов, требуется меньше арматуры для дропов, дропы заготовлены в виде легких компактных бухт. Для прокладки дропов используется навивочная машинка. При массовой частичной

подвеске дропов до опор перед домами выгодно использовать автовышку. Дропы при этом не перегружают опоры и не мешают электрикам. В целом при хорошей организации труда можно достигнуть снижения затрат на СМР более чем в два раза по сравнению с СМР для стандартной сети типа "кабель-муфта".

Для проектирования кабельных трасс и мест расположения узлов следует разбить район на кластеры, в центре которых следует расположить распределительные узлы так, чтобы узел обслуживал до 32 или лучше до 48 домов с учетом ожидаемого процента подключений и возможных путей вдоль опор. Затем от магистральной муфты или от ЦУС провести трассы фидерного кабеля. Если требуется организация резерва подключения распределительных узлов, то трассы должны быть замкнуты в кольцо. Каждый кластер следует разбить на блоки по 6–8 домов с учетом ожидаемого процента подключений. Например, при ожидаемом подключении 50% домов блок будет содержать 12–16 домов, примерно половина из них не подключится. Далее надо расположить в центре каждого блока дроп-муфту и провести трассу распределительного кабеля от нее к распределительному узлу. При выборе топологии "шлейф-звезда" 2–4 дроп-муфты должны связываться распределительным кабелем в цепочку, подключенную к распределительному узлу. Затем прокладываются трассы от дроп-муфт ко всем

домам, измеряется длина трасс и приводится к длинам стандартных дропов с учетом необходимых запасов; определяются процентные доли распределения по длинам стандартных дропов. Оптимизация трасс проводится с учетом прохождения реальных столбовых линий вручную или с использованием специального программного обеспечения. После расположения трасс и узлов на карте надо сделать полное проектирование сети до дроп-муфт и добавить раздел на подключение абонентов. В нем отражаются типовые проектные решения (ТПР) участков от дроп-муфт к домам, ТПР проводки дроп-кабеля по внешним стенам дома, ТПР ввода в дом и ТПР проводки по дому до абонентской розетки. В полной смете на проектирование дропы и арматура их подвески учитываются в соответствии с процентным распределением по длинам. Крайне желательно проект и смету разделить на логические части в соответствии с этапами наращивания сети. Например, для топологии "звезда-звезда" нулевой этап - монтаж "пустых" распределительных узлов и прокладка фидерного кабеля. Этапы подготовки к подключениям - монтаж тросов, поэтапное расширение емкости распределительного шкафа, поэтапный монтаж дроп-муфт. Желательно иметь два или три этапа наращивания. На практике дроп-муфты, кабель к ним и трос могут монтироваться лишь для тех блоков, где появится хотя бы один абонент. Для топологии "шлейф-звезда" наращивать можно только емкость распределительного шкафа, а если в качестве распределительного узла используется муфта, то этапов наращивания сети нет, все одновременно подготавливается на расчетный процент подключений.

### Подведем итог

В статье рассмотрены (прежде всего с точки зрения экономической выгоды) преимущества

новой технологии строительства воздушных сетей ФТТН, основанной на применении оптических жгутов. В меньшей мере освещены важные преимущества технологии, относящиеся к эстетичности внешнего вида и компактности кабельной системы, неконфликтного сосуществования с хозяевами опор - энергетиками и к удобству обслуживания сети. Следует отметить, что технология создания кабельных жгутов требует определенной культуры производства и аккуратного обращения с тонкими оптическими кабелями, но может быть освоена бригадой монтажников в течение нескольких дней учебных работ. Технология позволяет заменить "умные" и высокотехнологичные сварочные аппараты и автомобили ЛИОК на механическое средство малой механизации - навивочную машинку. В части топологии сети, цен и планирования данная статья носит оценочно-рекомендательный характер и не может быть руководством по проектированию или планированию. Все преимущества технологии и точная цена подключения для конкретного оператора будут видны после строительства первых сегментов сети и подключения первых абонентов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаскевич Е.Б., Петренко И.И. Современные технологии строительства воздушных ФТТН-сетей в районах частной жилой застройки. - Первая миля, 2012, №3.
2. Гаскевич Е.Б. Компактные воздушные кабельные системы ФТТН. - Первая миля, 2013, №1.
3. Гаскевич Е.Б. Навивная технология для строительства сетей ФТТН. - Вестник связи, 2012, №9.
4. Гаскевич Е.Б., Шевцов С.Л., Убайдуллаев Р.Р. Маловолоконные кабельные системы - новая концепция для оптических "последних миль". - LightWave RE, 2003, №2.