

## ВОЗДУШНЫЕ СЕТИ FTTH для районов частной застройки

Е.Гаскевич, директор по развитию ЗАО "Тералинк"

Какие технологии ШПД оптимальны для частной жилой застройки – беспроводной или проводной доступ, ADSL или FTTH? Какие лучше использовать системы FTTH – подземные или воздушные? Попробуем разобраться.

### ШПД-ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ЧАСТНОГО ДОМА

Повсеместное покрытие 4G несколькими мобильными операторами позволило получить современный широкополосный доступ в интернет жителям частного сектора городов и крупных сельских населенных пунктов, у которых нет проводного ШПД. Казалось бы, скорость нисходящего потока в сетях 4G настолько высока, что позволяет персонально просматривать видеоконтент в HD-качестве. Однако не все так безоблачно. В часы наибольшей нагрузки множество абонентов включают онлайн-видео, и в плотной частной застройке пиковая нагрузка на 4G-сеть превышает ее возможности. В это время абоненты 4G испытывают раздражающее торможение работы в интернете. В сетях с проводным доступом такие проблемы встречаются намного реже. Это подтверждают жители городских многоэтажек, имеющие возможность подключиться к одному из нескольких операторов проводного доступа со скоростью 30–100 Мбит/с. В ближайшие годы проблема обострится.

Беспроводные сети ШПД прежде всего нацелены на носимые гаджеты и их основное качество – обеспечение мобильности. Проводные же сети ШПД, имея большие скорости и лучшую гарантию предоставления полосы, предназначены для качественного подключения домохозяйств к интернету и мультимедийным услугам. Беспроводные сети эффективны при малом числе домов – в деревнях

и малых загородных поселках, где пока хорошо применима нелицензируемая технология Wi-Fi с использованием секторных антенн. Напротив, в городском частном секторе, в крупных селах, коттеджных поселках, СНТ (дачи) для подключения индивидуальных домов более перспективны сети проводного ШПД.

Телефонные витые пары проведены во многие частные дома – и по ним, в частности, "Ростелеком" подключает индивидуальные домохозяйства к услугам доступа в интернет, применяя технологию ADSL. Однако ввиду низкого качества телефонной меди достигаемая скорость передачи составляет 2–10 Мбит/с, а этого пользователям уже недостаточно. При этом в России коаксиальные сети КТВ в частной застройке неразвиты, и распространенный в западных странах стандарт проводного доступа DOCSIS не применим. Таким образом, в частном секторе из существующих предложений можно использовать лишь телефонную медножильную кабельную инфраструктуру, ограничивая качество ШПД. А если строить новую сеть проводного ШПД, то это должна быть сеть FTTH (оптика в частный дом).

### КАБЕЛЬНАЯ СИСТЕМА FTTH: ПОДЗЕМНАЯ ИЛИ ВОЗДУШНАЯ?

Чаще всего в кварталах частного сектора нет приемлемой кабельной канализации для прокладки оптических кабелей в дома. В городах

на центральных улицах кабельная канализация обычно есть. Но телефонные кабели, заходящие в дома, или подвешены на опорах, или проведены в трубах, в которых по их состоянию нет возможности проложить оптику. Имеющаяся кабельная канализация находится на балансе основного телефонного оператора. В селах канализации чаще всего нет. Строительство новой кабельной канализации по улицам существующей застройки – чрезвычайно затратное дело. Новую канализацию разумно строить в период строительства инфраструктуры и зданий нового малоэтажного поселка или микрорайона. При этом для оптики наиболее эффективной представляется микротрубочная канализация, широко применяемая в Европе [1]. Таким образом, в существующем частном секторе подземную часть сети ФТТН может строить только основной телефонный оператор, используя существующую кабельную канализацию, и эта часть вряд ли распространится до абонентских ответвлений. В период нового строительства в случае проектирования ВЛ 0,4 кВ для электропитания домов выгоднее спроектировать воздушную ФТТН на этих же опорах. В России в подавляющем числе случаев в районах частной застройки городов, и тем более сел, строительство воздушной кабельной системы ФТТН оказывается намного экономичнее, чем подземной. По прогнозам аналитиков, практически все сети ФТТН районов частного жилья, построенные к 2020 году, будут воздушными (кроме элитных коттеджных поселков), и большая их доля будет построена на ВЛ 0,4 кВ.

### Правила подвеса ОК на ВЛ 0,4 кВ (выдержки из ПУЭ)

Правила устройства электроустановок (ПУЭ [8]) требуют, чтобы оптические кабели, подвешиваемые на опоры ВЛ 0,4 кВ или опоры ВЛ 6 кВ и 10 кВ, не содержали металл. Этим условиям соответствуют самонесущие кабели с круглым сечением (ОКСН), оптические кабели с вынесенным силовым элементом, если этот элемент – стеклопруток (FRP), плоские кабели с двумя стеклопрутками и оптическим модулем или волокном посередине, кабели ФТТН-drop (сечение "бабочка" 2×3 мм) с дополнительным вынесенным стеклопрутком и оптические навивные кабели (ОКНН). Навивные кабели наматывают на отдельно подвешенный несущий элемент, образуя оптический кабельный жгут [2]. Это может быть диэлектрический трос или кабель ОКСН. ПУЭ допускает навивку кабелей ОКНН на провода ВЛ, в частности на самонесущий изолированный провод (СИП). ОК должны размещаться под проводами



Рис.1. "Кабель-муфта-сварка", недопустимый подвес ОК пучками

на расстоянии не меньше 40 см. С другой стороны, по правилам проектирования и строительства [9], оптические кабели в самых нижних точках пролетов должны быть расположены выше 5 м от уровня земли. Запрет подвеса оптических кабелей со стальными силовыми элементами на опорах ВЛ 0,4 кВ объясняется спецификой технических стандартов РФ на устройство ВЛ и ее подключение к трансформаторной подстанции (ТП). Для ВЛ 0,4 кВ, в частности, применяют бетонные опоры, проводящие электрический ток. При попадании напряжения на тело опоры в месте подвеса электрических проводов верхняя часть опоры попадает под напряжение. С другой стороны, силовой элемент ОК имеет электрический контакт с опорой. Стальной силовой элемент кабеля, имея на порядки большее сопротивление по сравнению с алюминиевыми или медными проводами ВЛ, при коротком замыкании ведет себя как спираль электроплитки. При замыкании фазного провода на тело опоры вблизи подвеса ОК по стальному силовому элементу потечет ток, который способен разогреть его до температуры воспламенения оболочки кабеля. Падающая вниз горящая оболочка может вызвать пожары (даже оболочка LSZH). Кроме того, ближайшие опоры, соединяясь электрически через силовой элемент ОК, также попадают под напряжение и могут представлять опасность поражения электрическим током людей. Металлосодержащие оптические кабели, подвешенные с нарушением требований ПУЭ, будут демонтированы, даже если есть "особые договоренности" с собственниками опор. Например, может так случиться, что при нарушении ПУЭ демонтаж потребуют

провести после массового подключения абонентов, что для компании-оператора чревато банкротством. Пытаясь сэкономить, небольшие региональные операторы нередко нарушают ПУЭ, подвешивая на опорах ВЛ 0,4 кВ кабели азиатского производства, содержащие стальные проволоки. Это мнимая экономия, поскольку в силу административных рисков сеть может быть отключена на второй-третий год эксплуатации. Деятельность таких компаний должна пресекаться органами, выдающими операторские лицензии. И когда оператор предлагает заплатить за подключение к интернету и при этом нарушает ПУЭ, – абоненты должны учитывать, что через год-два будут платить еще раз.

## **ФАКТОРЫ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОК, ПОДВЕШЕННЫЕ НА ОПОРАХ ВЛ 0,4 кВ**

На оптические кабели, подвешенные на опорах ВЛ 0,4 кВ, действуют ветровые, гололедные и ветро-гололедные нагрузки, которые следует рассчитывать, следуя СНиП [10], по стандартным формулам в соответствии с данными по району на стенку гололеда и силу ветра. При этом следует учесть, что типичное расстояние между опорами ВЛ 0,4 кВ составляет 40 м, а провисы, рекомендуемые для ОКСН, находятся в диапазоне 1-2%. Полученная в расчетах нагрузка не должна превышать максимально допустимой растягивающей нагрузки (МДРН) кабеля и допустимых максимальных нагрузок на системы арматуры кабель-зажим и кронштейн-опора. При расчете климатических нагрузок на оптический навивной кабельный жгут в качестве диаметра жгута следует брать диаметр окружности в сечении жгута, огибающей несущий элемент и навитые кабели, а МДРН жгута принять равным сумме значений МДРН несущего элемента и всех плотно навитых кабелей. Если в качестве несущего элемента жгута используется диэлектрический трос, то его МДРН считается такой, при которой трос растягивается на допустимую производителем волокна величину (например, 0,35%).

Нагрузка создается также ветвями деревьев, которые растут на улицах с частными домами под проводами ВЛ 0,4 кВ (стандартная картина для регионов как России, так и зарубежных стран). Деревья обычно обрезают так, чтобы их ветви не доставали до электрических кабелей, но не на уровне подвеса ОК. Опасное воздействие на оптические кабели бывает в ураганный ветер, когда ветки бьют по кабелям, а также при обледенении или мокром липком снегопаде, когда нагруженные ветви нависают на кабелях. В южных населенных пунктах ветки нависают на кабели при созревании плодов. Нагрузки от ветвей деревьев рассчитать невозможно. Есть

требования Минсвязи применять подвесные кабели с МДРН не менее 3 кН. Кабели также должны иметь надежную стойкость к боковому удару. Навивные кабели должны иметь стойкость к раздавливанию из-за воздействия навивочной машинки при множественной навивке в жгут и воздействий от арматуры крепления. Если толстые ветви касаются кабеля, то существует опасность перетиранья его оболочки от постоянного перемещения точки контакта из-за ветров. Истиранию легко подвержена оболочка типа LSZH, и кабели с такой оболочкой не рекомендуется подвешивать вдоль улиц с деревьями.

Другой фактор нагрузки – качание опор поперек линии подвеса проводов. Для поперечных ОК воздействие от качания может быть значительным. Кабели, отводящиеся к домам, могут испытывать такие воздействия, если они подвешены с малым провисом и без применения пружинных компенсационных зажимов [6].

Еще один тип воздействия, который может быть опасен для тонких ОК, – это поклев птиц. Например, вороны, строя свои гнезда, могут пытаться вырвать кусок тонкого кабеля из оптического жгута или оторвать свободную петлю кабеля на опоре перед муфтой. Применяемые тонкие подвесные и навивные кабели должны иметь стойкость к поклеву, а свободные петли в районе муфт должны быть собраны в аккуратные жгуты. По возможности тонкие кабели в таких местах следует укладывать в защитные трубки. Кабели типа FTTH-drop, предназначенные для прокладки внутри помещений и по внешним стенам строений, не рекомендуется навивать в подвесной жгут из-за риска поклева, а также в силу того, что эти кабели имеют не стойкую к истиранию оболочку, они не стойки к боковым нагрузкам, боковым ударам и воздействию от навивочной машинки. Влага, скапливающаяся между натянутыми кабелями жгута, диффундируя через оболочку, более чем в два раза уменьшает прочность тонких стеклопругтков FTTH-drop кабеля и собственно волокна. Объяснение этого явления следующее: в нагруженном стекловолокне прорастают трещины, и этот рост значительно ускоряется при попадании в них гидроксильных групп ОН. В кабеле с силовыми элементами большого диаметра и с волокном, уложенным свободно в модуль, опасного снижения надежности от влаги не будет.

Следует коснуться недопустимого подвеса ОК в виде пучков (рис.1). Некоторые операторы в целях экономии средств подвешивают несколько оптических кабелей на один арматурный кронштейн. Кабели расходятся веером к середине пролета и сходятся на противоположной опоре. Расстояние между

кабелями изменяется от сантиметра возле опор до пары десятков сантиметров в центре пролета. Допустим, такой пучок выполнен из прочных самонесущих кабелей. Нагрузка на кронштейны и опоры в сильный гололед может оказаться неприемлемо большой, поскольку на участках, где кабели расположены близко друг к другу, они смерзнутся и задержат намного больше льда, чем отдельно висящие кабели. Насколько больше – это зависит от геометрии пучка, и расчетами это учесть невозможно, поэтому велик риск перегрузить арматуру и опоры. Теперь допустим, что такой пучок выполнен из тонких самонесущих кабелей. При смерзании в гололед возможна ситуация, когда один или два кабеля в пучке примут на себя всю нагрузку льда. Если бы это были телефонные "медные" кабели, то они бы растянулись, перераспределив нагрузку на все кабели в пучке. Оптический кабель, растягиваясь, воздействует на волокна, которые разрываются при превышении растяжения в 1%. Другой фактор воздействия на тонкие ОК пучка – ветви деревьев. В середине пролета ветви могут прорасти между кабелей пучка и воздействовать на кабели по отдельности. Именно поэтому телефонисты в южных городах при подвесе абонентских медных телефонных пар пучком стараются, по возможности, через метр-два обмотать их проволокой или стянуть стяжками. Для оптики это недопустимо, так как в стянутом в жгут пучке всегда найдутся кабели, которые принимают на себя общую нагрузку на такой пучок-жгут. Вывод – на ВЛ 0,4 кВ нельзя допускать подвес оптических кабелей в пучках.

### **ОСОБЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ И ФОНАРЕЙ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ.**

#### **СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПОР**

Обслуживание электрической части опор ВЛ 0,4 кВ производят, поднимаясь на опоры на лазах (кошках), лестницах, но чаще применяют автовышку. Уличные фонари обслуживают с помощью автовышки. Нередко ВЛ 0,4 кВ подвергаются модернизации. Это – спуск проводов подключения домов к низу опоры для установки на ней шкафа со счетчиками, замена изолированных проводов на СИП, замена опор. Прежде чем планировать строительство воздушной сети ФТТН с использованием опор ВЛ, нужно узнать планы реконструкции ВЛ. Для полной реконструкции ВЛ или при частичной замене опор потребуются демонтировать оптические кабели и муфты. Замена проводов на СИП создает риск повреждения оптической части.

Конфликт с владельцами опор возникнет, если дополнительные нагрузки на опоры от оптической

части превысят разрешенные. Чтобы этого не было, следует не проектировать кабельную паутину, особенно завешивание оптических кабелей пучками; по возможности не подвешивать ОК, создавая нагрузки, отклоняющие опоры вбок. Конфликт из-за превышения нагрузок является критическим – или будет ограничена в развитии оптическая сеть, или кабели потребуют снять.

Таким образом, можно сделать вывод, что при обслуживании электрической части кабельная паутина в пролетах мешает замене проводов; муфты, бухты кабелей, траверсы мешают подъему на лазах и во многих случаях – установке лестниц к опорам, а также работам по установке счетчиков в шкафах на опорах; заменять лампы фонарей мешают ОК, подключающие дома на противоположной стороне улицы, V-образно отходящие от опор на высоте ниже высоты подвеса фонарей (на узких улицах без снятия одного из кабелей подняться к фонарю невозможно).

Соответственно, можно сформулировать следующие рекомендации:

- ограничить количество кабелей в пролете двумя-тремя, при этом располагать их вертикально с таким расстоянием между кабелями, чтобы исключить перехлесты (20 см для пролета 40 м);
- уменьшить количество муфт (лучше, чтобы муфты располагались на каждой третьей-пятой опоре или реже);
- по возможности исключить образование технологических бухт запаса в местах установки муфт (или делать бухты минимального радиуса и прятать за муфты);
- при обслуживании одним рядом опор обеих сторон улицы следить за блокировкой подъема к фонарям V-образно отходящими к домам кабелями; по меньшей мере один из кабелей отводить выше уровня фонаря (в случае применения технологии оптических жгутов отводить кабели от жгута [5], отступив от опоры на расстояние, необходимое для прохода корзины автовышки).

Выполнение этих рекомендаций не только позволит бесконфликтно с другими службами использовать опоры, но и обеспечит приемлемый внешний вид кабельной системы ФТТН. Это очень важно. Например, беспорядочная кабельная паутина сетей ФТТН между крышами многоэтажных домов сильно портит внешний вид городских улиц. Власти городов планируют "убрать это безобразие под землю", но без нарушения антимонопольного законодательства это проблематично или невозможно. При этом кабельная паутина сетей ФТТН в кварталах частных домов, если ее допустить, будет располагаться "на уровне глаз".

Идеальная картина регулирования совместного использования городских и сельских опор ВЛ 0,4 кВ могла бы быть следующей:

- принимается федеральный закон о совместном использовании опор 0,4 кВ как городской (сельской) инфраструктуры монопольного владения, в котором, в частности, обозначаются права доступа на опоры для подвеса оптических кабелей;
- принимаются новые правила для разработки ТУ на подвес ОК на ВЛ 0,4 кВ – более детальные, чем описанные в ПУЭ ред. 7 [8] и в Правилах проектирования, строительства и эксплуатации [9] (подвес множества ОК, установка муфт и шкафов, размещения кабельных бухт и т.п.);
- предоставляется доступ на опоры двум операторам либо местные власти получают право разрешать доступ на опоры только для одного оператора в том или ином районе, и это должен быть оператор открытого доступа масштаба городского района, села, коттеджного кооператива или СНТ, выбранный на конкурсной основе, который будет действовать на основе определенных властями тарифов и правил и обязан предоставлять услуги всем операторам связи по предоставлению трафика к абонентам на участке распределительной сети от его центрального узла к абонентам (такой путь выбрала Европа, причем для развития сельской связи и устранения цифрового неравенства операторы открытого доступа дотируются властями европейских стран).

В РФ пока такого регулирования нет. Оператору связи следует строить свою сеть так, чтобы обеспечить максимально бесконфликтную с хозяевами опор эксплуатацию оптической кабельной системы, которая, в свою очередь, должна иметь приличный внешний вид.

## **ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ НА ОПОРАХ ВЛ 0,4 кВ ВОЗДУШНОЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СЕТИ ФТТН КВАРТАЛОВ ЧАСТНОГО СЕКТОРА**

Ниже предлагается рассмотреть технологии, базирующиеся на применении диэлектрических кабелей, не противоречащие требованиям ПУЭ и СНиП и по возможности соответствующие списку рекомендаций, представленному выше.

Технология "ОКСН + муфта на каждой опоре или на каждой второй опоре" предполагает, что в ОКСН, связывающем дроп-муфты, кроме распределительных, находятся и фидерные волокна. Кроме фидерно-распределительного кабеля в пролете можно подвесить еще пару самонесущих

дроп-кабелей. В этом случае муфты можно установить через опору, но не реже. В стандартной городской частной застройке, при плане на 100% охвата, муфты могут быть на восемь портов и устанавливаться через опору. Если применять муфты на четыре порта и устанавливать на каждой опоре, то друпы вдоль улицы можно не перебрасывать. Для разряженной застройки, при малом ожидаемом проценте подключений, или если к ВЛ подключены дома только одной стороны улицы, следует применять друп-муфты на четыре порта. В наиболее распространенной реализации этого подхода применяют способ строительства "кабель-муфта-сварка". Это приводит к образованию на опорах с муфтами объемных неприглядных бухт запаса кабелей, которые приходится разматывать-смаывать при подключении очередного абонента. Способ строительства "кабель-муфта-сварка" не отличается гибкостью и не рекомендуется к применению, если ожидаемый процент не определен. Еще раз отметим, что подвеса ОК пучками не следует допускать, но именно при способе строительства "кабель-муфта-сварка" это делают небольшие компании, желая сэкономить.

В другом варианте рассматриваемого подхода тонкие друп-кабели, оконцованные непосредственно на кабель стандартными оптическими разъемами, подключают в друп-муфту с кроссом внутри, подсоединяя ближайшие дома. Бухта запаса состоит только из распределительного кабеля. Переброс вдоль улицы тонких кабелей не допускается, если их не навивать на ОКСН. Есть кабель типа ФТТН-дроп ("бабочка") с дополнительным диэлектрическим вынесенным силовым элементом, который допускается подвешивать вдоль улиц. После отделения силового элемента он может быть оконцован стандартным разъемом быстрой оконцовки. Есть решение для друп-муфт и друп-кабелей, в котором прочные самонесущие друп-кабели переходят на конце на тонкий пигтейл, оконцованный стандартным разъемом (например, 3M™ ESAM Fiber Drop). Прочный друп-кабель включается на внутренний кросс в муфте без бухты запаса – и его можно подвесить вдоль улицы.

Еще в одной реализации этого подхода друп-муфты имеют внешние оптические гермопорты, а самонесущие друп-кабели оконцованы упрочненными герморазъемами, которые устанавливаются на кабели в производственных условиях (OptiTip™ компании Corning, DLX™ компании CommScope) или на месте монтажа (3M™).

Есть решение, устраняющее бухты запасов самонесущего распредел-кабеля. Corning предлагает

применять кабель-сборку, у которой на длинах, соответствующих местам расположения опор, имеются кабель-отводы, оконцованные разъемами. Такие сборки изготавливаются на производстве по индивидуальному заказу для каждой улицы. Монтаж сети – подвес сборок на опорах и подключение дроп-муфт посредством разъёмного соединения.

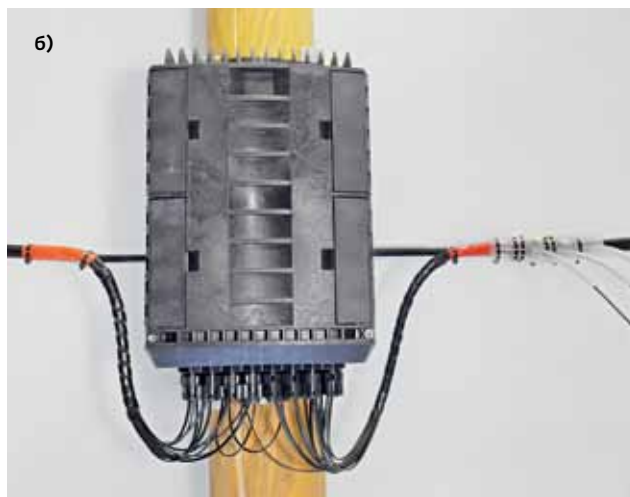
Следует отметить, что решения с герморазъемами ограничены применением муфт и дроп-кабелей только от одного производителя. На герморазъёмы общепринятого стандарта нет. Это решение очень удобно и аккуратно, но для многих операторов в России – недешево. Непросто применить в РФ и кабельные сборки с отводами. После точных замеров расстояний между опорами такая сборка по индивидуальному заказу будет производиться за рубежом.

Технология "**микротрубочный самонесущий кабель**" предусматривает, что микротрубочная канализация может быть выполнена в виде диэлектрического самонесущего кабеля из трубок с вынесенным силовым элементом [1], и ее можно подвешивать на опорах ВЛ 0,4 кВ (рис.2а). На определенных опорах микротрубочный кабель заводят в муфту. При этом никаких бухт запаса нет – и все выглядит аккуратно. На других опорах организуют отводы трубок в дома. Вблизи опоры оболочку кабеля надрезают, разрезают одну из трубок и соединяют гильзой с тонким однотрубочным кабелем, который подвешивают от опоры к дому и заводят в дом. Волокно задувают от муфты на опоре, и если муфта содержит кросс – задувают оконцованный разъемом микрокабель или оптический модуль. Микротрубочный кабель обычно содержит одну или две трубки большого диаметра, в которые можно задуть кабель с большим числом волокон (24, 48, 96). Количество микротрубок размера 5/3,5 мм обычно составляет восемь или 12 штук. Это означает, что одна муфта подключает с двух сторон от нее 16 или 24 дома. Микротрубочная подвесная канализация имеет преимущества для проектов, в которых из центра связи в дома проводится без сплиттеров несколько волокон. В Швеции оператор открытого доступа предоставляет провайдерам услуг "темные" волокна от точки присутствия до домов абонентов, причем дом может подключиться к нескольким провайдерам различных услуг одновременно. Микротрубочную подвесную канализацию легко спустить по опоре вниз и соединить с микротрубочной подземной канализацией. Недостаток подвесной микротрубочной канализации для применения на опорах

ВЛ 0,4 кВ – большой диаметр микротрубочного кабеля и, соответственно, большие дополнительные ветровые и гололедные нагрузки. Другой недостаток состоит в том, что при низкой культуре монтажа между трубками в кабель попадет вода – и в циклах заморозки-разморозки кабель может повредиться.

В технологии "**диэлектрический самонесущий кабель с выделением волокон через боковой разрез**" аналогично вертикальным подъездным оптическим кабелям со свободным извлечением волокна через боковой разрез (райзер-кабели) существуют подобные кабели уличного исполнения с вынесенным силовым элементом для подвеса на опорах (для ВЛ 0,4 кВ силовой элемент – стеклопруток). Разрезы в виде овального окна делают на оптической части кабеля: один разрез в районе опоры, другой – в пролете или в районе следующей опоры. Во втором разрезе волокно разрезают, а через первый – извлекают. Разрезы герметично закрываются внутренним пространством отводной муфты, монтируемой на кабель с отводом микротрубок в районе опоры, а в пролете – специальной манжетой. Извлеченное волокно через микротрубку можно ввести в оптическую дроп-муфту на опоре. В другом варианте, если извлечь 20–40 м волокна, его можно затянуть в микротрубку, заходящую в дом. Кабельная система, построенная на таком кабеле, более компактна, чем подвесная микротрубочная канализация, и дополнительные ветро-гололедные нагрузки от нее меньше. Работать с кабелем необходимо с автовышки, а процедура извлечения и прокладки волокна в отводную трубку требует высокой квалификации монтажников. Для климата РФ есть вероятность, что при неаккуратном монтаже внутрь кабеля попадет вода и такой кабель проработает только один сезон – до зимы.

Технология "**Оптические жгуты для сетей FTTH**". Подвешивать телекоммуникационные кабели в виде жгутов начали еще в середине прошлого века. В США коаксиальные и телефонные кабели приматывают нержавеющей проволокой к натянутому на опорах ВЛ стальному тросу при помощи специальной машинки – лэшера. Такой способ неприменим в РФ на ВЛ 0,4 кВ для примотки ОК; металлическую проволоку не допускают ПУЭ. В России предложен и запатентован другой способ получения жгута [3]. Вместо проволок навивают тонкие оптические кабели, а вместо стального троса применяют диэлектрический трос или ОКСН. На несущий элемент по мере развития сети навивают множество кабелей. Получается оптический кабельный жгут, компактный и прочный. Каждый из кабелей имеет индивидуальные места завода



**Рис.2.** Оптические жгуты: а) навивка очередного ОК на жгут; б) дроп-муфта на 24 порта с выведенными на жгут навивными кабелями

в жгут и свода с него. Кабели навивают навивочной машинкой [4] весом 5 кг (рис.2а). Навивной кабель имеет поперечные размеры 2×4 мм и вес 8 кг/км. На машинку устанавливают плотную рядную бухту с длиной кабеля до 350 м. Кабель конструкции с двумя стеклопрутками и оптическим модулем между ними содержит до четырех волокон, имеет МДРН 300 Н и стойкость к раздавливанию 1 кН/см. Это очень прочный кабель. В жгуте он противостоит ударам ветвей деревьев в ураган и может быть подвешен как самонесущий в пролете до 20 м. Такой кабель применяют в качестве дропа для подключения частных домов. Другой тип кабеля такого же сечения и веса содержит два оптических модуля и один стеклопруток между ними [7], может содержать до восьми волокон (150 Н, 0,5 кН/см). Его применяют исключительно как навивной для соединения муфт. Одноволоконный кабель оконцовывают стандартными оптическими разъемами SC, причем комплекты оконцовки – это как широко распространенные недорогие комплекты для дроп-кабелей с заводской отшлифовкой, так и разъемы быстрого оконцевания. Многоволоконные сначала разводят по пигтейлам и затем оконцовывают. Сеть FTTH можно построить на разъемных соединениях без сварок и бухт (рис.2б). В герметичных муфтах разъемные соединения, не содержащие грязи, имеют паспортное затухание (для SC/APC типовые значения 0,2–0,3 дБ), которое не изменяется с годами при

работе в широком диапазоне температур (–40...70°С). Разъемы перед соединением следует контролировать микроскопом на предмет загрязнений и удалять грязь устройствами сухой чистки. Это устранит повод для суждений о ненадежности разъемов в муфтах на улице.

Кабельная система на основе оптических жгутов имеет очень привлекательный вид. Жгут выглядит как один кабель. Бухты запаса отсутствуют или имеются небольшие, только из ОКСН, на который жгут навивают. Дроп-кабели подключают в муфты посредством разъемов – нет запасов, а муфты можно установить на кронштейне перед жгутом, спрятав бухту ОКСН под нее.

Оптические жгуты – очень гибкая система, особенно в применении совместно с технологией GPON. Чтобы на определенную опору установить еще одну дроп-муфту, достаточно к этой опоре навить на жгут очередную кабель. На тонкий (7 мм) трос в один слой уместятся шесть-семь навивных кабелей, но на ОКСН (12 мм, 6 кН) можно навить уже два слоя, это до 20 кабелей. ПУЭ допускает навивать на провода ВЛ – в частности, на СИП. При этом кабели укладываются между проводами СИП и становятся невидимыми. Там, где исходя из эстетических соображений ВОЛС на ВЛ 0,4 кВ не разрешают, можно применить этот вариант.

К домам навивные дропы отводят от опоры или непосредственно от жгута [5], отступив от опоры 30–50 см. Второй способ позволяет освободить место

для поднятия корзины автовышки к осветительному фонарю. На доме кабель закрепляют с помощью пружинного зажима [6], который защищает кабель от перегрузки из-за поперечного качания опор и спасает кабель от повреждения в случае нештатного воздействия (например, обломанная ветка). Там, где от опоры до места крепления на доме расстояние превышает 20 м, натягивают трос и на него навивают друп.

Представляется, что в подавляющем числе проектов более выгодным будет применение GPON, в частности, с двухкаскадной системой сплиттеров. Это означает, что друп-муфты могут содержать сплиттеры 1×4 или 1×8 и иметь четыре, восемь, 12, 16 или 24 порта. В свете рассмотрения FTTH на ВЛ 0,4 кВ технология GPON – это уменьшение количества волокон в фидерных кабелях в 64 раза, а в распределительных кабелях – в восемь раз; а также это – более легкие оптические кабели, меньше сварных муфт, меньше бухт запаса на опорах.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. **Гаскевич Е.Б., Петренко И.И.** Микротрубочная канализация для сетей FTTH в районах индивидуального жилья // Первая миля. 2012. № 4.
2. **Гаскевич Е.Б.** Воздушная FTTH сеть на основе оптических кабельных жгутов // Первая миля. 2014. № 1.
3. **Гаскевич Е.Б.** Способ компактной подвески волоконно-оптических кабелей в виде жгута – RU Патент 2551476, 16 Июль 2013.
4. **Гаскевич Е.Б.** Навивочная машина для навивки волоконно-оптического кабеля – RU Патент 151100, 28 Июль 2014.
5. **Гаскевич Е.Б.** Устройство отвода навивного оптического кабеля от несущего элемента или жгута – RU Патент 143787, 25 Ноябрь 2013.
6. **Гаскевич Е.Б., Петренко И.И.** Арматура крепления навивных оптических кабелей на участке свободного подвеса – RU Патент 142319, 25 Ноябрь 2013
7. **Гаскевич Е.Б., Курочкин С.В., Пуртов С.В.** Волоконно-оптический кабель навивной двухмодульный – RU Патент 144649, 25 Ноябрь 2013.
8. ПУЭ / Изд. 7. Пункт 2.4.89.
9. Правила проектирования, строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи на воздушных линиях электропередачи напряжением 0,4–35 кВ. – М., 2003.
10. СНиП 2.01.07-85 "Нагрузки и воздействия". – Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003.