

## ДРОП-КАБЕЛЬ В ЧАСТНОМ СЕКТОРЕ: модель расчета ветровых нагрузок с учетом воздействия от деревьев

**Е.Гаскевич**, генеральный директор ООО "Тералинк" / egaskevich@teralink.ru,  
**С.Чижанов**, к.ф.-м.н., заместитель руководителя управления продаж - территориальный  
представитель в Москве ООО "Инкаб",  
**И.Петренко**, заместитель директора по производству ООО "Тералинк"

УДК 654.04

В статье рассмотрены ветровые нагрузки на абонентские дроп-кабели в частном секторе с учетом усиления ветрового воздействия ветвями деревьев и/или другими касающимися кабелями.

### "Частная история" кабельных сетей

В последние несколько лет возрастает интерес крупных провайдеров широкополосных телекоммуникационных услуг к абонентам, проживающим в малоэтажных и индивидуальных домах. Для предоставления современных услуг ШПД в частном секторе требуется создание новой оптической кабельной инфраструктуры со сроком службы более 20–25 лет. Подход компаний к такому строительству в различных странах имеет свои особенности.

В Европе строительство сетей FTTH в сельских районах (в некоторых случаях и городских) малоэтажной и индивидуальной застройки рассматривается как дотационное строительство долгосрочной инфраструктуры со сроком службы не менее 30–40 лет. За этот срок оптическое волокно морально не устареет, а рост полосы пропускания в сетях доступа будет обеспечен за счет модернизации или замены активного оборудования. При этом стимулируется развитие сетей открытого доступа, которые позволяют сократить строительство

"параллельных" конкурентных кабельных систем до одной [1].

Строительство сетей открытого доступа обычно дотируется со стороны муниципальных или государственных органов власти; сети эксплуатируются на основе регуляторных регламентов, а открытый равноправный доступ к ним операторов услуг обеспечивает конкурентную среду. Такие сети являются объектом долгосрочных инвестиций и привлекают тех, кто хочет сохранить свои капиталы на десятилетия, защищаясь от инфляции и кризисов. В Западной Европе при строительстве таких сетей оптические кабели укладывают под землю. Это обеспечивает максимально высокий уровень надежности и в целом не ухудшает внешний вид жилых кварталов. В Восточной Европе предпочитают подвес кабелей FTTH, в частности на существующих опорах воздушных линий электропередачи (ВЛ). В основном это делается из-за нехватки средств на подземные коммуникации. Но и при этом стараются достичь максимально возможного срока службы, учитывая

возможные факторы, влияющие на него. В России регулирование в этой области отсутствует, как и стимулирование развития сетей открытого доступа.

Охватив сетями FTTB и FTTH/PON кварталы многоэтажных домов, отечественные операторы телекоммуникационных услуг обратили свое внимание на частный сектор. В большинстве случаев имеющиеся у них финансовые возможности позволяют строить только воздушные сети на существующих опорах. Чаще всего это опоры ВЛ 0,4 кВ, принадлежащие распределительным энергосетям, руководство которых в большинстве регионов устанавливает заградительные тарифы на аренду. Многие операторы строят сети для получения сиюминутной прибыли от платного подключения абонентов к интернету – и зачастую, не имея долгосрочного контракта с энергетиками, видят свой бизнес лишь на короткий срок. Для таких операторов важно достичь самой низкой себестоимости подключения абонентов, не заботясь о будущем. Есть города и населенные пункты, где энергетики не предъявляют особых условий к доступу операторов связи на опоры ВЛ. В результате жесткой конкуренции в таких регионах опоры оказываются опутанными кабельной паутиной из дешевых кабелей (рис.1). Операторы сменяют друг друга, бросая неработающие кабели, – и в результате пейзаж напоминает типичную картину воздушного кабельного хозяйства в Юго-Восточной Азии. Таких операторов и их подрядчиков интересует только краткосрочная выгода, которую они пытаются увеличить, используя при строительстве своих сетей кабели, муфты, кабельную арматуру самой низкой ценовой категории.

В отличие от небольших компаний, крупные операторы ориентированы на долгосрочные вложения и получение прибыли в основном от абонентской платы. Даже если не будет кабельных сетей открытого доступа, в частном секторе будут присутствовать с оптическими кабельными системами один-три серьезных оператора. Временщики уйдут – и их кабели будут демонтированы. А крупным операторам важно, чтобы оптическая кабельная инфраструктура сетей доступа служила десятилетиями, имела низкие эксплуатационные расходы и высокую стойкость к аномальным природным воздействиям (ураган, ледяной дождь); чтобы через годы инфраструктура сети сохранила свою высокую стойкость на случай продажи компании или слияния с другой компанией. И важно минимизировать административные риски, исходящие, например, от служб города или поселка, ответственных за внешний вид и чистоту улиц. Эта статья ориентирована на таких операторов и призвана обратить



Рис.1. Сети FTTH в отсутствие требований к доступу на опоры ВЛ 0,4 кВ



Рис.2. Пучки дроп-кабелей в ветвях деревьев

внимание на факторы, приводящие к сокращению срока службы воздушных кабельных сетей FTTH.

Подвешенный на опорах кабель, кроме стандартно учитываемых ветровой и гололедной нагрузок, подвергается дополнительному воздействию от ветвей деревьев и других кабелей при ураганном ветре, мокром снеге, ледяном дожде. Дополнительное воздействие получают кабели, подвешенные расходящимся пучком. При смерзании в условиях гололедообразования пучок задерживает намного больше льда, чем отдельные кабели. Крайне опасным для абонентских дроп-кабелей является сход снега с крыши подключаемого дома, что также не учитывают при проектировании. В настоящей статье рассмотрены ветровые нагрузки на абонентские дроп-кабели с учетом усиления ветрового воздействия ветвями деревьев и/или другими касающимися кабелями.



**Рис.3.** Модельное "дерево" с равномерным по пролету воздействием на кабель

## ДЕРЕВЬЯ ПРОТИВ ДРОП-КАБЕЛЯ

Деревья во время урагана – один из наиболее часто встречающихся причин обрыва подвесных дроп-кабелей сетей ФТТН (рис.2) в частной застройке, особенно если она старше 10 лет. Остальные факторы повреждения дроп-кабелей в данной работе не учитываются. В последующих статьях авторами будут рассмотрены другие факторы, влияющие на долговечность воздушной оптической кабельной системы, такие как нависание на кабелях ветвей деревьев в гололед, смерзание кабельных пучков и т.п.

Модель, предлагаемая для оценки воздействия ветра, усиленного ветвями деревьев, использует ряд допущений, позволяющих существенно упростить алгоритм расчета нагрузок и получить качественную сравнительную картину для разных кабелей и устройств крепления. Модель не может служить средством расчета при проектировании, однако при определении ценовых и технических параметров и рассмотрении зависимости полной стоимости владения от дополнительной аэродинамической площади кабеля (плотность деревьев) она позволяет проводить сравнительный экономический анализ различных кабельных решений воздушных сетей ФТТН для регионов с преимущественно ветровыми нагрузками и большим количеством деревьев на улицах частного сектора. Допущения следующие:

- все дроп-кабели подвешены и проходят вдоль улицы в одном пролете длиной 40 м с провисом 2%;
- пролеты распределены равномерно по всем направлениям (таким образом, конкретный

ветер существенно действует только на часть пролетов, которые расположены примерно перпендикулярно ветру);

- предполагается, что ветви отдельного дерева, воздействующие при ветре на кабель, равномерно распределены по пролету (рис.3); воздействие ветвей моделируется увеличением аэродинамического диаметра кабеля (для проводов и круглых кабелей, согласно СНиП [2], коэффициент лобового сопротивления ветру  $S_x=1,2$ ), а полученная дополнительная площадь ветрового сопротивления качественно соответствует видимой площади ветвей, касающихся кабеля так, для видимой площади веток  $0,2 \text{ м}^2$  в пролете 40 м следует как бы увеличить кабель в диаметре на 5 мм, а ветки как бы убрать; при этом для расчета ветровой нагрузки, усиленной ветвями деревьев, можно применить стандартные формулы – такие же, какие применяют в случае расчета ветровых нагрузок [2] для ОКСН;
- количество деревьев в пролете определяется распределением Пуассона (рис.6) с задаваемым средним значением (все деревья "одинаковы").

При появлении ветровой нагрузки, усиленной деревьями, кабель в пролете дополнительно натягивается – и это может привести к деградации и разрыву натянутого в кабеле волокна, разрушению силовых элементов кабеля и/или узла "кабель-зажим".

Для дальнейшей связи принято, что волокно, прошедшее стандартный тест на 1% растяжения, при эксплуатации не должно растягиваться больше чем на 0,2%. При этом гарантируется его безаварийный срок службы более 40 лет. Для 25 лет и для долей процента отказов километровых участков можно допускать постоянное растяжение 0,33%. Нагрузку на кабель, при которой волокно растягивается на 0,33%, определяют как максимально допустимую растягивающую нагрузку при эксплуатации кабеля (МДРН кабеля). Для кабелей ФТТН типичные абонентские участки (дропп-кабели) имеют длину 0,1 км, а за один год допускают доли процента отказов. Некоторые допускают кратковременную нагрузку для дроп-кабеля 2\*МДРН, учитывая то, что при такой нагрузке, даже если она будет постоянной, для волокна ведущих мировых производителей за пять лет количество обрывов будет не больше, чем доли процента. Для подавляющего большинства подвесных дроп-кабелей нагрузка в 2\*МДРН не является разрушающей для силовых элементов.

Иная картина складывается для узлов "кабель-зажим". В случае применения кабелей с круглым

**Таблица 1. Типичные кабели, применяемые для подвеса в качестве подвесных абонентских**

№ образца кабеля	Описание кабеля	Расчетный МДРН (0,33%) без избытка волокна, кН	Заявленный МДРН с учетом избытка волокна, кН	Замечания
1	Круглый 5,0 мм, 2 KFRP-0,4 мм, стеклонити, центральный модуль	0,5	0,5	Кабель гибкий, но легко сдавливается модуль
2	Круглый 5,4 мм, 2 стеклопрутка 1 мм, центральный модуль	0,3	1,5	Оболочка из полиэтилена среднего качества
3	Сечение "бабочка" с GFRP на струне 1 мм, LSZH	0,6		Волокно вплавлено в оболочку
4	Плоский 2,3х4,5 мм, 2 стеклопрутка 1,2 мм, центральный модуль	0,4	0,8	Оболочка из полиэтилена средней плотности высокого качества
5	Сечение "бабочка" с про-волоками на струне 1 мм, ПВХ	0,6	1,3	Волокно вплавлено в оболочку
6	Сечение "бабочка" с GFRP на струне 1 мм, ПВХ	0,6	1,3	Волокно вплавлено в оболочку
7	Плоский 7х3 мм, 2 стеклопрутка 2 мм, центральный модуль	1,2	1,2	Оболочка из полиэтилена среднего качества
8	Плоский 2х4 мм, 2 стеклопрутка 1 мм, центральный модуль	0,3	0,29	Оболочка из полиэтилена средней плотности высокого качества
9	Плоский 7х3 мм, 2 стеклопрутка 2 мм, центральный модуль	1,2	2,4	Оболочка из полиэтилена средней плотности высокого качества
10	Круглый 5,2 мм, 2 стеклопрутка 1 мм, центральный модуль	0,3	1	Оболочка из полиэтилена средней плотности высокого качества
11	Круглый 5,8 мм, 2 стеклопрутка 1,2 мм, центральный модуль	0,4	1,5	Оболочка из полиэтилена средней плотности высокого качества
12	1 навитый на тросе 5/2,5 мм	2	–	При превышении 2 кН кабель проскальзывает в креплениях, не повреждаясь
13	4 навивных на ОКСН	3	–	Навивной оптический жгут

сечением и спиральных натяжных зажимов хорошего качества, как правило, силовые элементы кабеля разрушаются или вытягиваются при растяжении больше, чем 1-2%, и узел "кабель-зажим" оказывается самым прочным. Однако при использовании клиновых зажимов даже качественное оборудование от известных производителей может разрушить оболочку кабеля. Совсем плохо обстоит дело с копиями-подделками. Они практически не отличимы от оригинала, но разрушаются при намного меньшей нагрузке. Даже если не разрушаются – разрывают оболочку кабеля из-за большого трения

в клиньях. В модели принято, что дроп-кабель поврежден и требуется его замена, если повредились узлы "кабель-зажим".

**КАБЕЛЬ-ЗАЖИМ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ**

В качестве исходных данных были взяты экспериментально измеренные величины максимального удерживающего усилия кабелей в кабельных зажимах для некоторых популярных кабелей и зажимов, при которых еще не происходит разрыв оболочки, разрушение зажима или проскальзывание кабеля. В табл.1 представлены типичные кабели, широко

**Таблица 2. Клиновые и спиральные зажимы для кабелей малого диаметра**

№ образцов зажима	Описание зажима	Заявленная МДРН, кН	Примечание
1	ODWAC Telenco	2	Оригинальный
2	Odwas 22	1,5	Копия с недостатками конструкции
3	Клиновой с короткими губками для круглого кабеля с D=6 мм	1	Оригинальный, сплющивает кабель с центральной трубкой
4	AC-35L Telenco	3	Оригинальный, удлиненные губки
5	Спиральный 3кН ЭССП	3	Оригинальный, практически не повреждает кабель

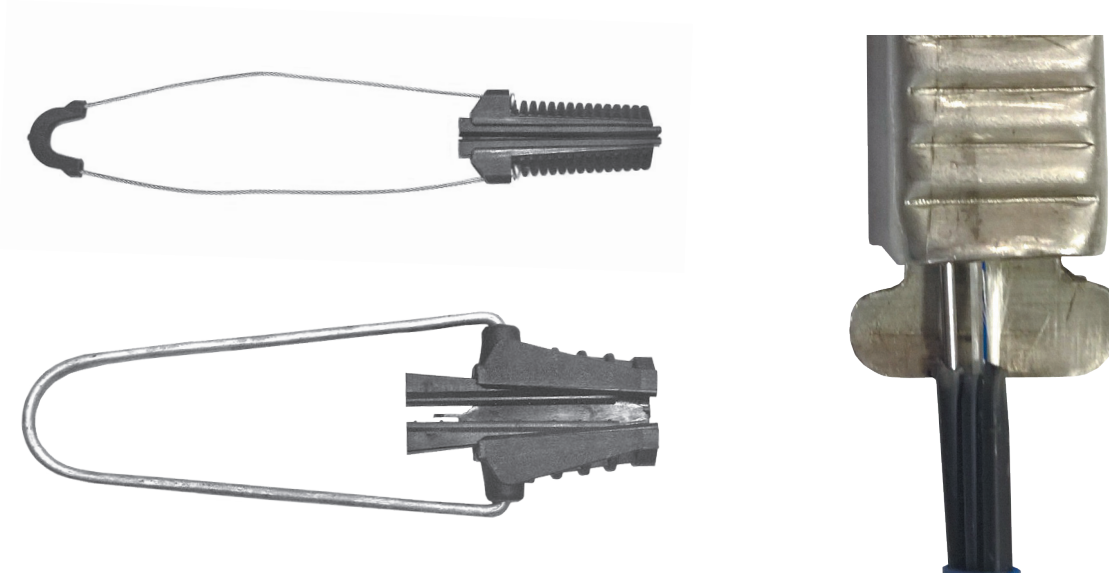
применяемые (зачастую с нарушениями!) небольшими операторами услуг ШПД для подвеса в качестве дроп-кабелей. В табл.2 представлены клиновые зажимы, как оригинальные, так и копии, а также спиральные зажимы для кабелей малого диаметра (4-8 мм). В табл.3 представлены результаты испытаний узла "кабель-зажим" для разных комбинаций

**Таблица 3. Результаты испытаний узла "кабель-зажим" для разных комбинаций кабелей и зажимов**

Кабель/ зажим кН	1	2	3	4	5
1			0,35	0,8	
2			0,4		
3	0,6				
4	0,7	0,5			
5	0,8	0,7			
6	0,8	0,7			
7	1,0				
8	1,3	1,2			
9	1,5	1,3			
10			0,3	1,0	
11			1,0	1,2	
12					2,0
13					3,0

кабелей и зажимов. Жирным шрифтом отмечены комбинации "кабель-зажим", выбранные для расчетов. Результаты проведенных измерений показали, что при подборе кабельного зажима для конкретного кабеля следует учитывать многие факторы. Некоторые результаты объясняются ниже.

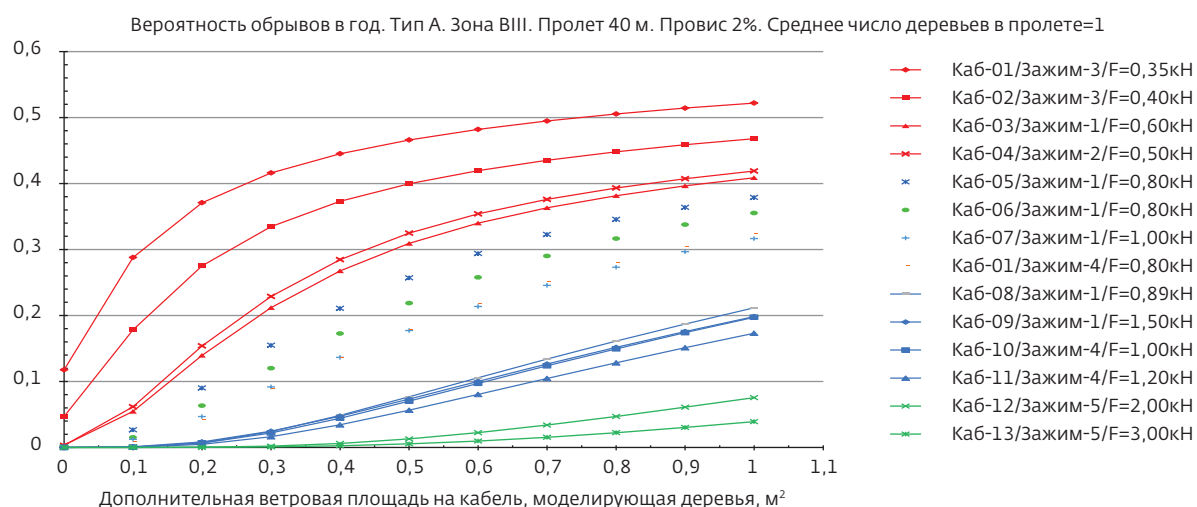
Кабель № 1 – очень гибкий и мягкий. Зажимать его клиновыми зажимами не следует, хотя оригинальный AC-35L с удлиненными губками (производитель – Telenco, Франция) показывает неплохой результат (рис.4). Для кабеля № 2 с оболочкой из полиэтилена среднего качества не следует применять клиновые зажимы с короткими губками. Хотя и не произошло разрыва оболочки при натяжении 0,4 кН для зажима № 3, кабель начал выскальзывать из зажима и появился риск полного выпадения кабеля. Кабель с сечением "бабочка" с вынесенной стальной струной с оболочкой из композита LSZH разрушился при 0,6 кН из-за проскальзывания непрочной оболочки вдоль струны. При этом был применен оригинальный зажим ODWAC производства Telenco. Причина – несоответствие типа зажима типу кабеля. Кабели этого типа следует закреплять за стальную струну, отделяя ее от кабеля и обматывая вокруг устройства анкеровки. Узел "кабель-зажим" для кабеля № 4 показал неудовлетворительный результат при использовании неоригинального зажима № 2 – копии ODWAC. Неоригинальные ODWAC-22 условно применимы с кабелями № 8, 9, однако оригинальные ODWAC Telenco обеспечивают прочность захвата на 15% больше. Кабель № 7, хотя и имеет два стеклоплетка диаметром 2 мм, ненадежно зажимается даже в оригинальных зажимах ODWAC. Причина – полиэтилен оболочки



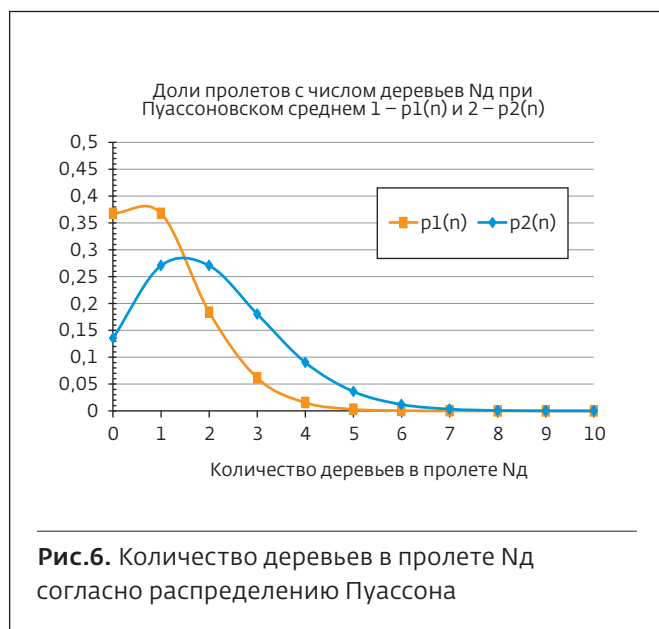
**Рис.4.** Кабельные зажимы: AC-35L-260 (Telenco); клиновой зажим с короткими губками, ODWAC (Telenco); повреждение кабеля типа FRP с вынесенной струной (с сечением "бабочка" на струне) зажимом ODWAC

невысокого качества. Кабели № 10 и № 11 хорошо зажимаются оригинальными зажимами Telenco AC-35L и AC-68L. Клиновой зажим с короткими губками применим только для кабеля № 11 с диаметром оболочки, близким к 6 мм. Оболочка кабеля № 10 имеет диаметр, близкий к 5 мм, не

захватывается уверенно зажимом № 3 и не вталкивает его клиновые губки в корпус. В результате уже при 0,3 кН происходит проскальзывание кабеля с риском высвобождения. Со всеми круглыми кабелями очень хорошо показали себя спиральные зажимы соответствующих номиналов. При



**Рис.5.** Зависимости частоты обрывов за год от дополнительной аэродинамической площади кабеля, моделирующей деревья



критическом растяжении (сила натяжения превышала 1,5 кН) фактически разрушались силовые элементы кабелей, если их диаметр был 1 мм, или сдиралась оболочка для кабеля со стеклоплетками диаметром 1,2 мм. Для навивных кабелей [3], навитых на ОКСН с МДРН 3 кН (микроДОТс, "Инкаб"), принималась прочность жгута, равная 3 кН. Эксперименты показали, что навитые кабели проскальзывают в креплениях и не испытывают натяжение больше чем 0,2 кН. Аналогичный эффект разгружает кабель, навитый на диэлектрический трос на основе стеклоплетки. В расчетах условно принималось, что прочность троса 5/2,5 мм, подвешенного в спиральных зажимах с навитым на него кабелем, равна 2 кН, хотя эффект проскальзывания навитого кабеля позволяет без проблем его натягивать и на 3 кН.

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Расчет проводился с помощью модифицированной программы для ветровых нагрузок на ОКСН. На рис.5 представлены результаты расчета процента выхода из строя узлов "кабель-зажим" для дроп-кабелей за один год в результате воздействия ветра непосредственно на кабель и посредством деревьев; узлы при запредельных растягивающих нагрузках разрушаются первыми. Для расчетов взяты климатические данные 3-й ветровой зоны для одноэтажной застройки и предположения, описанные выше. Считалось, что поврежденные кабели сразу же восстанавливались. Плоские кабели приводились к эффективным круглым, диаметр которых определялся усреднением  $S_x$  по большей

и меньшей сторонам. Воздействие деревьев моделировалось увеличением аэродинамического диаметра кабеля. Графики строились для зависимостей процента отказа от усредненного по пролетам увеличения аэродинамической площади кабеля. Предельная величина площади для расчетов определена как 1 кв. м, что соответствует увеличению диаметра кабеля, моделирующего дерева, на 25 мм.

На рис.7 показаны зависимости процента обрывов для эффективной площади, моделирующей дерева, - 0,2 кв. м (зеленые маркеры), 0,5 кв. м (синие маркеры) и 1,0 кв. м (красные маркеры). По горизонтальной оси отложена максимально допустимая растягивающая нагрузка на узел "кабель-зажим" в кН, а по вертикальной оси в логарифмическом масштабе - процент обрывов.

## Анализ

Узлы "кабель-зажим" и, соответственно, кабельные системы условно распределились на четыре группы. Красная группа содержит случаи несоответствия зажимов кабелям, плюс случаи некачественных кабелей и/или неоригинальных (не фирменных) зажимов (0,4-0,6 кН). Эта группа показывает неудовлетворительные результаты уже при незначительной растительности и даже без нее. Такие кабельные системы имеют срок службы 2-3 года и высокие эксплуатационные расходы.

Фиолетовая группа показывает приемлемое качество для "голых" пролетов и для улиц частного сектора с малой плотностью растительности. В этой группе применены фирменные зажимы и кабели с не очень прочной оболочкой (0,8-1,0 кН). Следует помнить, что даже новые коттеджные поселки "обрастают" за 3-4 года, а обрезка деревьев на уровне подвеса телекоммуникационных кабелей, как правило, не ведется. В частности, новоселы облагораживают улицу возле своего участка, высаживая крупномерные деревья. Можно считать, что при не очень плотной растительности такие кабельные системы проживут пять лет. Однако для улиц с заметным озеленением или с перспективным разрастанием зеленых насаждений их применять не рекомендуется.

Синяя группа описывает качественные кабели для подвеса плюс фирменные зажимы (1,0-1,5 кН, кабель № 8 - навивной в свободном подвесе). Дроп-кабели этой группы при средней плотности растительности выходят из строя от воздействия ветра в доле не больше нескольких процентов в год. Можно условно считать, что в районах со средней плотностью зеленых насаждений, вдоль улиц, кабельная система будет иметь срок эксплуатации до 10 лет. Для большой плотности деревьев или наличия "опасных"

деревьев в пролетах эти кабельные системы применять не рекомендуется. Кроме этого, учет гололедных нагрузок может привести к ограничениям долгосрочной применимости. Особенно велико воздействие ледовой нагрузки на кабели, подвешенные на один кронштейн расходящимися пучками. При смерзании пучков ледовая нагрузка возрастает в разы по сравнению с отдельно висящими кабелями, а из графиков рис.5 видно, как при нагрузках меняется надежность.

Зеленая группа – подвес кабелей в виде жгута, причем для силового элемента жгута применяется спиральный зажим (2-3 кН). Эта кабельная система обладает наибольшей прочностью из рассмотренных, хотя для нее применяются тонкие дроп-кабели № 8. На улицах дроп-кабели навивают на недорогой ОКСН 3 кН, от опор к домам – на тонкий диэлектрический трос. Даже при очень плотной растительности кабельная система показывает приемлемую живучесть. Участок "опора-дом", навитый на трос, достаточно прочен, чтобы выдерживать воздействие от снега, съезжающего с крыши. Можно считать, что срок ее службы составляет около 25 лет.

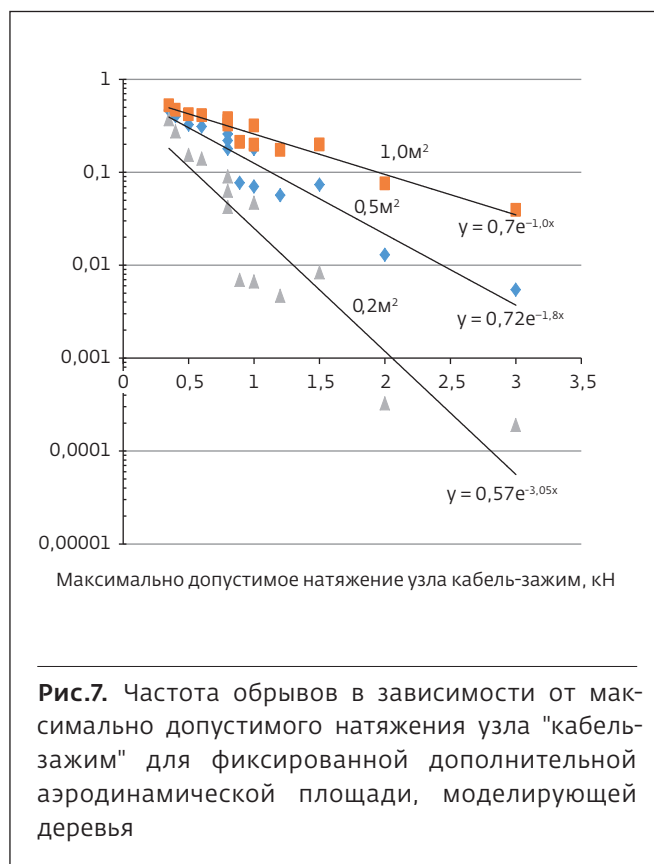
Рис.7 показывает, что частота обрывов спадает по мере упрочнения кабельной системы экспоненциально. Это очень важный результат. Увеличив в два раза прочность кабельной системы, например, перейдя на технологию навивных оптических жгутов, можно уменьшить число обрывов в год на порядок.

### Зависимость ТСО подсистемой "дропп-кабели" от прочности кабельной системы

Полученные частоты отказов были использованы для расчета полной стоимости владения (Total Cost of Ownership – TCO) дроп-кабелем, отнесенной на дату подключения абонента. Она состоит из стоимости монтажа и материалов плюс все дисконтированные затраты будущих периодов на обслуживание и ремонт и рассчитывается согласно формуле:

$$TCO = P_{стр} + \sum_{i=1}^{25} \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

где  $P_{стр}$  – стоимость строительства абонентского подключения дроп-кабелем,  $C_i$  – стоимость ремонта и обслуживания в  $i$ -тый год,  $r$  – ставка дисконтирования. При расчете ТСО подсистемы дроп-кабелей поселка, отнесенной на дату начала подключения абонентов, следует суммировать ТСО для каждого кабеля, причем его следует дисконтировать



**Рис.7.** Частота обрывов в зависимости от максимально допустимого натяжения узла "кабель-зажим" для фиксированной дополнительной аэродинамической площади, моделирующей деревья

с учетом количества лет отсрочки от начала оперирования сети.

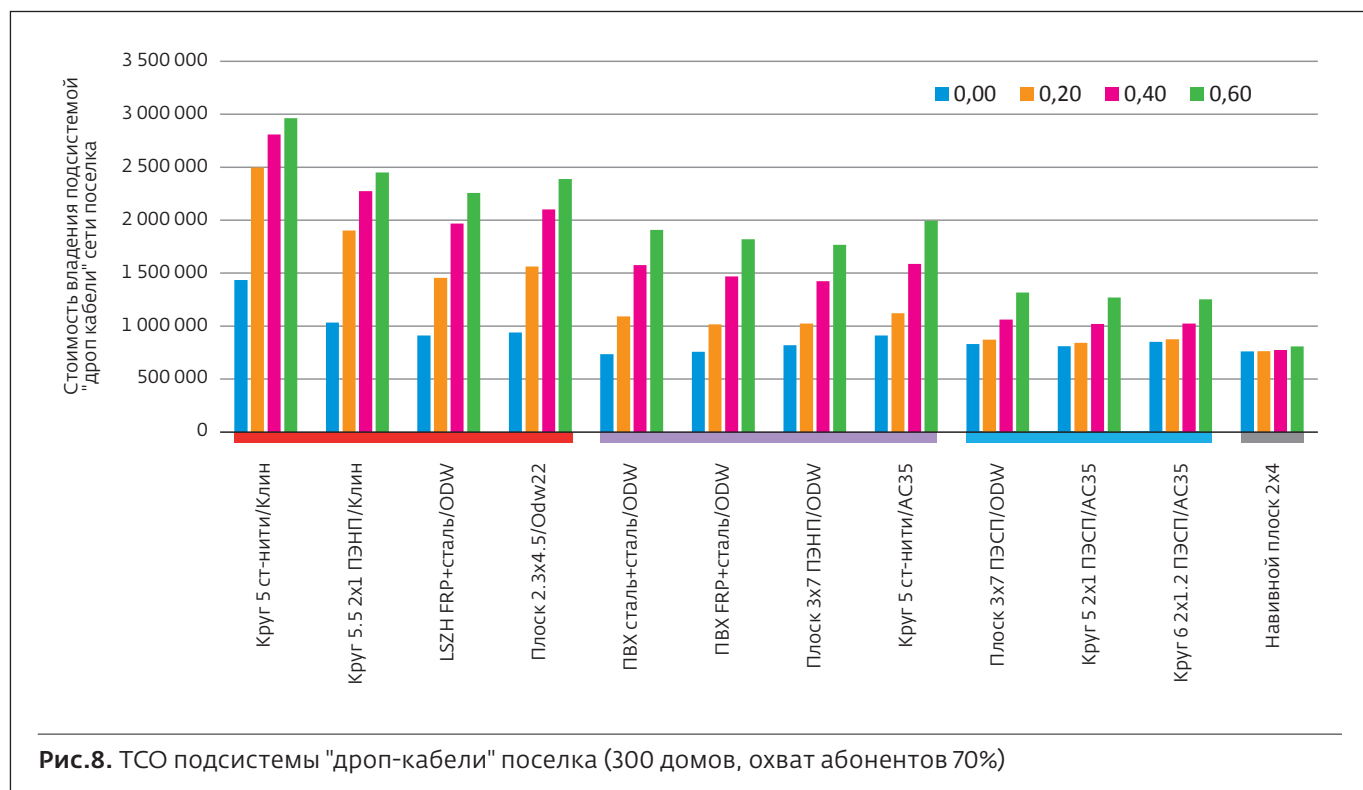
На рис.8 показаны результаты расчета ТСО дроп-кабелей поселка из 300 домов для рассмотренных комбинаций "кабель-зажим". Считается, что предельный охват абонентов будет достигнут за три года и составит 70%. Из диаграммы видно, что дешевые в строительстве "непрочные" кабельные системы абонентских подключений при учете последующего обслуживания и ремонтов повреждений от дополнительных воздействий (деревья) по общей стоимости превышают в несколько раз полную стоимость "прочных" кабельных систем. Хотя, учитывая только стандартную ветровую нагрузку и не учитывая дополнительные воздействия, можно ошибочно считать, что "непрочные" решения более экономически выгодны.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подвесные дроп-кабели имеют неприемлемо низкую надежность, если: тип зажима не соответствует типу кабеля; применяются неоригинальные зажимы и/или применяются кабели с "мягкой" оболочкой, подвешенные в клиновых зажимах.

Деревья оказывают значительное влияние на надежность подвеса кабелей. Даже небольшая плотность деревьев существенно повышает процент





обрывов при сильном ветре. Частота обрывов дроп-кабелей при увеличении прочности кабельной системы снижается экспоненциально. Кабельные системы с высокими МДРН (> 3 кН), какими являются навивные оптические кабельные жгуты, могут обеспечить более чем 25-летний срок службы оптической кабельной системы, превращая ее в долгосрочную инфраструктуру жилого сектора (такую же, как распределительные линии электропередач, водопровод, канализация и газовое хозяйство). Именно такие требования на МДРН подвесных оптических кабелей обозначены в приказе № 47 Министерства информационных технологий и связи РФ [4]. Полная стоимость владения воздушной кабельной системой абонентских подключений может оказаться в несколько раз выше для систем с МДРН < 1 кН, чем для систем с МДРН > 3 кН.

Итак, из модельных расчетов ветровых нагрузок с учетом дополнительного воздействия от деревьев, проведенных с учетом прочностных параметров кабельной системы, полученных экспериментальным путем, следует что: тонкие подвесные оптические кабели, применяемые в качестве абонентских дроп-кабелей, показывают неприемлемо низкую надежность, существенно ограничивая срок службы кабельной системы и увеличивая эксплуатационные расходы. Расчеты также показывают, что подвес в виде жгута тонких дроп-кабелей, навитых

на кабель ОКШН или диэлектрический трос, дает возможность сократить количество обрывов от воздействия ветра и деревьев до долей процента в год и обеспечить 25-летний срок службы кабельной системы. Другим подходом является применение дроп-кабелей с МДРН более 3 кН и соответствующей натяжной арматуры.

Уточнение модели воздействия ветра, учет ледовой нагрузки на дроп-кабели с добавочным воздействием от нависших деревьев и модель воздействия ледовой нагрузки на смерзшиеся пучки дроп-кабелей будут рассмотрены в последующих работах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. FTTH Business Guide, 4, Revision date: 10/02/2013 ред., FTTH Council Europe Business committee, 2013
2. СП 20.13330.2011, "Свод правил нагрузки и воздействия", актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*, 2011.
3. Гаскевич Е.Б. Воздушная FTTH-сеть для частного сектора на основе оптических кабельных жгутов // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2014. № 1. С. 32-47.
4. Приказ Министерства информационных технологий и связи РФ от 19 апреля 2006 года № 47 "Об утверждении Правил применения оптических кабелей связи, пассивных оптических устройств и устройств для сварки оптических волокон".



# ВУЗ ПРОМ ЭКСПО 2017

V ЕЖЕГОДНАЯ  
НАЦИОНАЛЬНАЯ  
ВЫСТАВКА

Наука и бизнес.  
Ответ на большие вызовы



Министерство  
образования и науки  
Российской Федерации

13-14 декабря  
ЦВК «Экспоцентр»

# КРУПНЕЙШАЯ НАУЧНАЯ ВЫСТАВКА РОССИИ

**Более 1500**  
новейших российских разработок

**Более 100**  
инновационных компаний

**Более 200**  
ведущих научных коллективов

