ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ПОДВЕСНЫХ ОК при низких отрицательных температурах

И.Алехин, к.т.н., доцент ПГУТИ,
Б.Попов, к.т.н., профессор ПГУТИ,
В.Попов, к.т.н., профессор ПГУТИ / inkat@inbox.ru

УДК 621.315.2; DOI: 10.22184/2070-8963.2019.81.4.42.45

С понижением температуры наблюдается уменьшение радиуса изгиба оптического кабеля на выходе из порта кабельной арматуры (ПКА) смонтированной муфты. Приводятся результаты исследования радиусов изгиба на выходе из ПКА для различных конструкций кабелей в зависимости от температуры окружающей среды и зависимости радиусов изгиба на выходе из ПКА от жесткости кабеля.

В настоящее время активно осваиваются нефтегазовые месторождения в районах Крайнего Севера. Для организации технологической связи в таких районах с тяжелыми природно-климатическими условиями все шире используются оптические кабели (ОК). Поскольку прокладка ОК непосредственно в вечномерзлые, сезонно-промерзаемые или пучинистые грунты практически невозможна, основными способами строительства таких ВОЛС являются подвеска на опорах высоковольтных линий электропередачи (ВЛ) и на опорах трубопроводов.

К сказанному уместно добавить, что весьма актуальной является подвеска ОК при строительстве сетей ШПД, которые на современном этапе являются самым быстрорастущим сектором телекоммуникаций. Для успешного развития сетей ШПД в районах с тяжелыми природно-климатическими условиями используется подвеска ОК на опорах магистральных и распределительных ВЛ.

При строительстве ВОЛС в условиях Крайнего Севера неизбежны случаи, когда прокладка и монтаж ОК может выполняться при низких отрицательных температурах (ниже -10°C). Допустимые механические нагрузки на кабель определяются

техническими условиями на него, но для обеспечения бесперебойного функционирования линий связи в процессе их эксплуатации необходима разработка новых технологических приемов монтажа ОК, учитывающих изменения свойств кабеля при низких отрицательных температурах и обеспечивающих ограничение нагрузок на кабель [1].

Изменения ряда свойств ОК при низких отрицательных температурах на сегодняшний день мало изучены. В частности, в литературе представлено мало данных об изменениях жесткости кабеля, его радиусов изгиба на выходе из порта кабельной арматуры при низких отрицательных температурах. Вместе с тем установлено, что именно радиусы изгиба и жесткость ОК во многом определяют нагрузки на него в процессе монтажа оптических муфт (ОМ) и эффективность их функционирования в дальнейшем после ввода в эксплуатацию. На надежность работы ОМ заметное влияние оказывает именно низкая отрицательная температура [2]. В этой связи в настоящей работе рассматриваются особенности монтажа подвесных ОК модульной конструкции при низких отрицательных температурах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ РАДИУСА ИЗГИБА ОК НА ВЫХОДЕ ИЗ ПКА В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

При строительстве и технической эксплуатации ВОЛС кабели неизбежно подвергаются механическим воздействиям, в том числе изгибам. Поэтому одно из требований, предъявляемых к ОК для наружной прокладки – стойкость к изгибам. Кабель должен удовлетворять требованиям теста на изгиб на выходе из порта кабельной арматуры (ПКА) смонтированной муфты [3]. В ходе такого тестирования ОК на выходе из муфты отгибается на заданный угол θ . При этом наблюдается изгиб образца кабеля с определенным радиусом, который зависит как от угла θ , температуры окружающей среды, так и от жесткости самого ОК, которая во многом определяется свойствами его защитных полиэтиленовых оболочек [4].

При температуре окружающей среды ниже -10°C при укладке эксплуатационного запаса оптической муфты (ОМ) возникает риск деформации внешней оболочки ОК, а при установке муфты внутри бухты эксплуатационного запаса возникает риск разрушения портов ОМ, так как при укладке последнего витка ОК может произойти заметное уменьшение радиуса изгиба кабеля, за счет чего создается механическое напряжение на оптический порт. В результате в муфте происходит разрушение порта, так как он откалывается от ее тела. В этой связи при монтаже ОМ наиболее жесткие ограничения накладываются на следующие параметры [5]: минимальный радиус изгиба; минимальная температура при проведении монтажных работ; растягивающая нагрузка; раздавливающая нагрузка. Поскольку существует вероятность нарушения допустимого радиуса изгиба ОК, представляют практический интерес исследования радиусов изгиба на выходе из ПКА для различных конструкций кабелей (преимущественно ОК с повышенной стойкостью к допустимым растягивающим нагрузкам и как следствие – большей жесткостью) в зависимости от температуры окружающей среды; зависимости радиусов изгиба на выходе из ПКА от жесткости кабеля.

С этой целью были выполнены экспериментальные исследования, которые проводились на образцах подвесных ОК с допустимым растягивающим усилием 40, 35 и 15 кН. Для этого была использована специальная установка испытаний ОК на перегиб и скручивание (УИПС), которая размещалась в климатической камере.

Испытания выполнялись в следующем порядке. Кабель крепился в установке УИПС и пропусклся через кольцо, фиксирующее его на штанге установки так, чтобы расстояние между выходом ОК из фиксирующего элемента и кольцом было равно 400 мм (для кабелей с внешним диаметром <25 мм) или 1000 мм

Рис.1. Изгиб кабеля ОК-40 при $t = -22^{\circ}\text{C}$

(для кабелей с диаметром ≥ 25 мм) [3]. При проведении исследований использовалась климатическая камера RT 144L. Универсальная штанга установки позволяла производить фиксацию кабеля на любом расстоянии в пределах ее длины, равной 115 мм, что, в свою очередь, обеспечивало необходимую длину до точки приложения усилий при изгибе ОК. К зажиму на конце кабеля (точка приложения усилия) прикладывалось усилие ≤ 500 Н, и ОК отгибался на угол θ . В соответствии с предъявляемыми требованиями [3] испытания проводятся при угле $\theta = 30^{\circ}$. С учетом требований российских операторов связи, которые являются более жесткими, при проведении экспериментальных исследований угол θ был увеличен нами до 90° .

Один цикл испытаний на изгиб проводился следующим образом. Кабель отгибался влево на заданный угол θ , и измерялась длина дуги кабеля. После этого ОК фиксировался и снова отгибался, но уже вправо на тот же угол θ , и также выполнялось измерение длины дуги [6, 7].

Радиус изгиба определялся по следующей формуле:

$$R = l/\theta,$$

где θ – угол, на который отгибается кабель (штанга УИПС), рад;

l – длина дуги, соответствующая углу θ , мм.

ОК после намотки на барабан сохраняет остаточные деформации. Как следствие, образцы кабеля и без нагрузки имеют некоторый изгиб – естественную кривизну. По этой причине каждый образец ОК испытывался по "ходу" естественной кривизны – изгиба кабеля, обусловленного остаточными деформациями, и в "противоход".

В результате испытаний были измерены радиусы изгиба ОК на выходе из ПКА в зависимости от тем-

Рис.2. Зависимость относительного радиуса изгиба на выходе из ПКА $\delta R_{изг}$ от температуры при угле $\theta=900$: 1 – ОКЛЖ-15, 2 – ОКЛЖ-35, 3 – ОКЛЖ-40 (ОК изгибается по "ходу" естественной кривизны кабеля)

Рис.3. Зависимость относительного радиуса изгиба на выходе из ПКА $\delta R_{изг}$ от температуры при угле $\theta=900$: 1 – ОКЛЖ-15, 2 – ОКЛЖ-35, 3 – ОКЛЖ-40 (ОК изгибается в "противоход" естественной кривизны кабеля)

пературы окружающей среды для исследуемых образцов кабеля при изгибе по "ходу" и в "противоход" остаточному изгибу кабеля. Значения радиусов изгиба на выходе из ПКА для кабелей с допустимыми растягивающими нагрузками 40, 35, 15 кН (ОК-40, ОК-35 и ОК-15) определялись при расстоянии L между выходом кабеля из фиксирующего элемента и точкой приложения нагрузки, которое равно 1 м. Установка изгиба кабеля ОК-40 при $t=-22^{\circ}\text{C}$ представлена на рис.1.

После выполнения изгиба на определенный угол в условиях различных температур в диапазоне от $+22^{\circ}\text{C}$ до -22°C производилась фиксация ОК в установке УИПС, после чего производилась фотографическая съемка, где на каждой фотографии указывалась температура различных конструкций ОК и угол изгиба от 30° до 90° с шагом 10° . Затем производилась обработка полученных данных в редакторе vizio, где в изгиб ОК вписывались окружности различных диаметров.

По фотографиям определялись границы точек касания испытуемых ОК, вписанной окружности и длина дуги, и по формуле $\delta R_{изг} = (R_{изг} / 20D_{оквнеш})$ определялось относительное значение радиусов изгиба кабеля на выходе из ПКА

$$R_{изг} = l / \theta,$$

где θ – угол, на который отгибается кабель (штанга УИПС), рад;

l – длина дуги, ограничиваемая двумя точками соприкосновения вписанной окружности радиуса изгиба;

$D_{оквнеш}$ – внешний диаметр испытуемого образца ОК.

По определенным значениям относительных радиусов изгибов, приведенных к допустимому радиусу изгиба каждого образца ОК при расстоянии L между выходом кабеля из фиксирующего элемента и точкой приложения нагрузки, равному 1 м, на рис.2 и 3 построены графики зависимости относительного радиуса изгиба на выходе из ПКА $\delta R_{изг}$ от температуры окружающей среды при угле изгиба кабеля, равному $\theta=90^{\circ}$.

Анализ результатов измерений радиусов изгиба ОК показал, что имеются три характерные температурные области, в которых жесткость ОК различна: первая – от $+22$ до -1°C , вторая – от -1 до -11°C , третья – от -11 до -22°C . Во второй температурной области радиус изгиба ОК на выходе из ПКА уменьшается. Можно предположить, что это происходит из-за возрастания жесткости кабеля.

В процессе проведения экспериментальных исследований установлено, что с понижением температуры наблюдается уменьшение радиуса изгиба ОК на выходе из ПКА. Это явление может приводить к деформации как ОК, так и портов ОМ, так как при температуре $-20...-30^{\circ}\text{C}$ полиэтиленовая

оболочка становится очень хрупкой и зачастую разрушается в момент установки ОМ на опору ВЛ. На практике разрушения портов муфт имели место при строительстве ВОЛС в районах Крайнего Севера, поэтому особое внимание следует уделять монтажу ОМ в условиях низких отрицательных температур.

Таким образом, по результатам выполненных исследований можно сделать вывод, что радиус изгиба кабеля на выходе из ПКА прямо пропорционален величине $1/\theta$ (обратно пропорционален углу, на который отгибается ОК), то есть радиус изгиба ОК резко уменьшается с понижением температуры. Здесь уместно отметить, что при строительстве подвесных ВОЛС операторами часто выдвигаются требования по намотке эксплуатационного запаса ОК, равного 30 м с каждой стороны ОМ. Эти требования выполняются при укладке кабеля в бухту, которая размещается в типовом шкафу. Бухта получается достаточно габаритной, и при размещении ОМ внутри нее может нарушаться допустимый радиус изгиба ОК при выходе его из ПКА. В результате такая укладка кабеля может в условиях низких отрицательных температур вызывать деформацию и разрушение муфты.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бурдин В.А., Нижегородов А.О.** Особенности технологии строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий для нефтепроводной структуры Западной Сибири // Инфокоммуникационные технологии. 2017. № 3. С. 233–241.
2. **Andreev V.A., Popov B.V., Popov V.B., Gavryushin S.A., and Alekhin I.N.** Research of the local communication combined cable on resistance to mechanical stress // Proc. SPIE 10774, 107741K-1-107741K-8 (2018).
3. IEC 61300-2-37, Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-37: Tests – Cable bending for fiber optic closures (2016).
4. **Воробьев В.А., Андрианов Р.А.** Технология полимеров. – М.: Высшая школа, 1971. 357 с.
5. **Алехин И.Н., Никулина Т.Г.** Исследования влияния температуры окружающей среды на радиус изгиба оптического кабеля на выходе из порта муфты // Международная НТК "Физика и технические приложения волновых процессов". – Самара, 2011.
6. Кабели, провода и шнуры с резиновой и пластмассовой изоляцией и оболочкой. Методы испытания на холодостойкость: ОСТ 17491-80. – М., 1980.
7. Кабели, провода и шнуры. Метод проверки стойкости к изгибу: ГОСТ 12182.8-80. – М., 1980.

САРАСКАБЕЛЬ-ВИТКА
СКО

- Входит в тройку лидеров производителей российского рынка
- Потенциал производства – 60 тыс. км кабеля в год
- Продукция одобрена крупнейшими энергетическими и телекоммуникационными компаниями России и СНГ

19 лет производства полного спектра волоконно-оптических кабелей связи для магистральных, внутризоновых и распределительных сетей

430001, РМ, г. Саранск, ул. Строительная, 3

12 лет производства оптических кабелей, встроенных в грозозащитный трос

Тел./факс: (8342) 47-38-13, 48-02-99

Огромный потенциал производства производства неизолированных проводов для ЛЭП

optic@sarko.ru
opgw@sarko.ru
lan@sarko.ru

2019 год – старт производства кабелей связи симметричных – LAN-кабелей U/UTP Cat 5e

www.sarko.ru