

СПОСОБЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВЫДАВЛИВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН В МУФТЫ НА ПОДВЕСНЫХ ВОЛС

Памяти профессора Владимира Александровича Бурдина (1953–2021) посвящается.

И.Алехин, к.т.н., доцент ПГУТИ,
М.Дашков, к.т.н., доцент ПГУТИ,
А.Нижгородов, аспирант ПГУТИ,
Б.Попов, к.т.н., профессор ПГУТИ,
В.Попов, к.т.н., профессор ПГУТИ /
inkat@inbox.ru

УДК. 654.1, DOI: 10.22184/2070-8963.2022.101.1.20.25

Представлена разработанная в ПГУТИ методика испытаний способов защиты от выдавливания оптических волокон в кассету муфты, включающая испытания под давлением, а также климатические испытания. Описывается способ тестирования защиты от выдавливания оптического волокна из оптического модуля путем контроля изменения потерь в волокнах в муфте.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня в России проводится большая работа по экономическому развитию регионов Сибири и Крайнего Севера. Были приняты к выполнению программные документы, которые направлены на создание там, в том числе, современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры [1–4]. В процессе выполнения планов развития регионов Сибири и Крайнего Севера к настоящему времени уже построено более 50 тыс. км волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) [5, 6]. При этом накоплен опыт строительства и технической эксплуатации ВОЛС в регионах со сложными климатическими условиями.

К основным факторам, определяющим специфику строительства и эксплуатации ВОЛС в районах Крайнего Севера и Сибири, в первую очередь относятся сложные геофизические и тяжелые климатические условия. Большая часть территории водонасыщена, почвенный покров разнообразен и включает области с многолетнемерзлотными грунтами, скальными и карстовыми породами.

Температура воздуха в зимний период может опускаться до -60°C и ниже, а в летний период увеличивается до $+40^{\circ}\text{C}$ и выше. Вследствие водонасыщенности и заболоченности территорий возможности строительства в летний период ограничены и наиболее удобным для выполнения

строительно-монтажных работ в этих условиях является зимний период, когда многочисленные болота и водоемы схвачены толстым слоем льда [7, 8]. В связи с этим подавляющее большинство протяженности ВОЛС в данных районах было построено по технологии подвески оптического кабеля на опорах линий высокого напряжения.

При отрицательных температурах в подвесных оптических кабелях (ОК) гидрофобный компаунд, который вместе с оптическими волокнами (ОВ) находится внутри модульной трубки, застывает. При положительных же температурах гидрофоб становится более текучим. Из-за этого, а также большой разности коэффициентов линейно-температурного расширения элементов конструкции ОК и ОВ имеет место проблема выдавливания ОВ вместе с гидрофобным компаундом в кассеты муфт оптического кабеля.

В процессе эксплуатации кабельной линии данное явление приводит к ухудшению параметров оптического линейного тракта, в частности к локальному увеличению затухания ОВ в муфтах, необходимости повторного монтажа муфт и, как следствие, к значительным финансовым затратам. Описанный процесс является одной из основных проблем технической эксплуатации подвесных ОК в районах, для которых характерны значительные сезонные перепады температуры.

Предлагались различные способы устранения последствий выдавливания ОВ из кабеля в муфты в зимний период в регионах с низкой температурой. В их числе специальные конструкции ОК, специальные конструкции муфт, адаптация технологии монтажа ОК в муфтах и др. [9-11].

На основе анализа недостатков упомянутых выше способов монтажа подвесного ОК в муфтах на кафедре Линий связи и измерений в технике (ЛС и ИТС) связи ПГУТИ был разработан способ фиксации оптических модулей на кассете муфты с использованием силиконового герметика, реализация которого позволяет избежать выдавливания ОВ. Данное решение запатентовано [12]. Важным вопросом при монтаже ОК в муфтах является выбор способов тестирования эффективности защиты от выдавливания оптических волокон в кассету. Ему и посвящена настоящая статья.

Анализ способов тестирования защиты от выдавливания оптических волокон в муфты

Как отмечено выше, подвесные ОК эксплуатируются при значительных сезонных перепадах температур. Такой температурный режим в сочетании

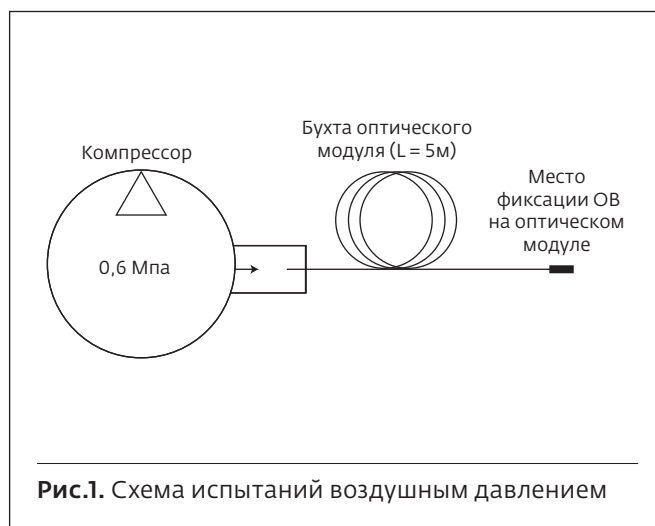


Рис.1. Схема испытаний воздушным давлением

с избыточной длиной оптических волокон в кабеле и существенной разницей между температурными коэффициентами линейного расширения материалов модульных трубок и оптических волокон очевидно и приводит к эффекту выдавливания оптических волокон из кабеля в муфты. Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) кварцевого стекла составляет примерно $5,5 \cdot 10^{-7} 1/^\circ\text{K}$. Для материалов модульных трубок ТКЛР лежит в пределах от $6,5 \cdot 10^{-5}$ до $1,5 \cdot 10^{-4} 1/^\circ\text{K}$ [13]. Соответственно, при существенном понижении температуры избыточная длина оптического волокна в модуле на строительной длине кабеля увеличивается весьма значительно. При этом процесс выдавливания ОВ из кабеля носит случайный характер и неодинаково проявляется на разных участках линии, разных строительных длинах кабеля и муфтах.

Рассмотрим разработанные специалистами кафедры ЛС и ИТС ПГУТИ способы тестирования защиты от выдавливания оптических волокон в кассету муфты.

Для оценки качества фиксации волокон в оптическом модуле была разработана методика испытаний последнего под воздушным давлением. Для проведения тестирования использовались бухты оптического модуля длиной по 5 м и воздушный компрессор с максимальным давлением 0,9 МПа. Методика испытаний предусматривает определение эффективности методов фиксации оптических волокон в оптическом модуле под давлением 0,6 МПа (рис.1).

Проведение испытаний

После осуществления монтажных работ к обратному торцу оптического модуля подсоединяется

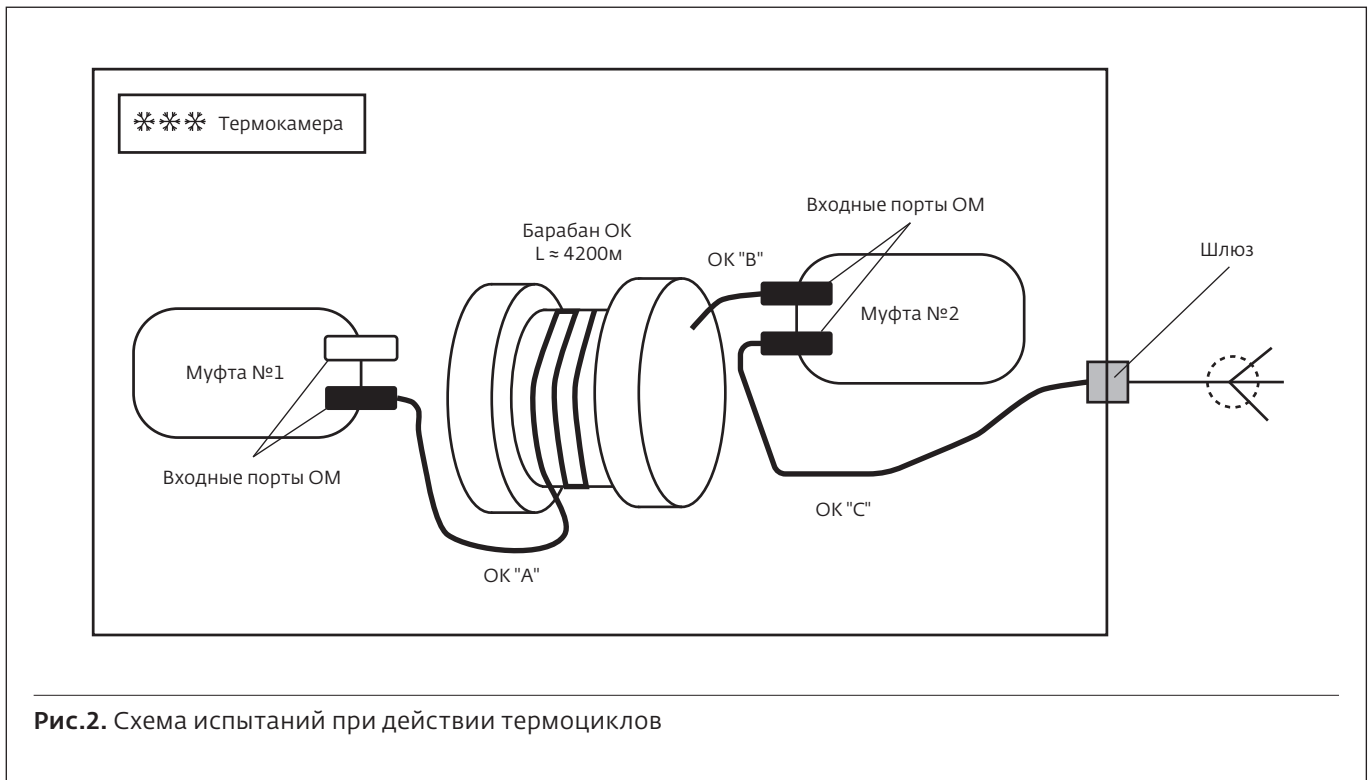


Рис.2. Схема испытаний при действии термоциклов

воздушный компрессор и в модуль подается давление, равное 0,6 МПа. Продолжительность подачи давления составляет 30 мин. При проведении испытаний визуально оценивается наличие выдавливания силиконового герметика, оптических волокон и гидрофобного компаунда из оптического модуля. После испытаний производятся измерения длины ОВ от торца оптического модуля.

Метод фиксации оптических волокон в оптическом модуле считается выдержавшим испытание, если при визуальном осмотре не происходит выдавливания силиконового герметика, оптических волокон и гидрофобного компаунда из оптического модуля.

Результаты испытаний под давлением

При традиционном методе монтажа оптического кабеля в муфте наблюдалось выдавливание оптических волокон из оптического модуля после 1 мин проведения испытаний на длину 3,5 см, а по завершении испытаний оптические волокна полностью выдавило из модуля. При использовании нового метода монтажа во время проведения и после испытаний выдавливания ОВ не обнаруживалось. Таким образом, результаты испытаний показали, что наиболее эффективным методом фиксации оптических волокон в оптическом модуле является метод, описанный в патенте [12].

Практическое применение данного метода требует более надежных оценок его эффективности, необходимы испытания при воздействии термоциклов. Такие испытания предусматривают определение эффективности методов фиксации оптического модуля на cassette муфты к сезонным колебаниям температуры в диапазоне от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Для испытаний использовался барабан с кабелем марки ОКЛЖ-01-5-16-10/125-6,0 (производства ЗАО "СОКК") и оптические муфты типа МТОК-ГЗ (производства ЗАО "Связьстройдеталь"). Перед проведением климатических испытаний методов фиксации оптического модуля на cassette муфты выполнялись следующие монтажные работы:

- оптический кабель разделяется, вводится в порт муфты и фиксируется в ней в соответствии с инструкцией по ее монтажу;
- оптические модули заводятся на cassette и отмечается место удаления оболочки модуля;
- оболочка модуля удаляется и производится очистка оптических волокон от гидрофобного заполнителя;
- запас волокон (три витка) выкладывается в cassette, излишек отрезается; на расстоянии 10 см от края оболочки модуля на защитном покрытии оптических волокон

наносится метка перманентным маркером, данное расстояние принимается за опорное $L_{\text{опор}}$;

- оптический модуль герметизируется в соответствии с рассматриваемым методом и фиксируется на кассете;
- все оптические волокна сращиваются и укладываются в кассету, а гильзы КДЗС фиксируются в ложементках.

Схема испытаний представлена на рис.2.

Испытания смонтированных образцов оптического модуля в муфте при воздействии циклических изменений температур проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 16962-71 "Изделия электронной техники и электротехники. Методы испытаний" на базе испытательной лаборатории ЗАО "СОКК" в термокамере тепла и холода типа RT144L (производства компании Climatic System, Великобритания).

Перед началом испытания отмечается первоначальное положение ОВ в кассете муфты при нормальной температуре (+20°C). Температуру в камере изменяют по заданной программе. Образец выдерживается при фиксированной температуре в течение заданного времени (не менее 6 ч). После проведения испытаний производится визуальный осмотр места герметизации и контролируются изменения, такие как выдавливание герметизирующих элементов, оптических волокон и т.д.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Оценка выполняется на основе измерения изменения длины ОВ в кассете по следующему алгоритму:

- оптические волокна отрезаются по границе края модуля;
- производится измерение длины оптического волокна $L_{\text{исп}}$ от конца оптического волокна до метки, нанесенной на подготовительном этапе;
- измерения повторяются для всех оптических волокон;
- изменение длины оптического волокна в кассете рассчитывается по формуле:
 $\Delta L = L_{\text{исп}} - L_{\text{опор}}$, мм.

Метод фиксации оптических волокон в модуле считается работоспособным, если при визуальном осмотре не наблюдается существенных изменений в месте герметизации модуля и изменение длины волокна в кассете (выдавливание оптических волокон) ΔL не превышает 5 мм.

После испытаний термоциклами визуальный осмотр и измерения изменений длины ОВ показали, что при традиционном способе фиксации оптического модуля на кассете муфты наблюдается выдавливание гидрофобного компаунда и увеличение длины ОВ в кассетах муфты в пределах 9-11 мм.

Разработанный же в ПГУТИ способ фиксации оптических модулей на кассете муфты ОК с использованием силиконового герметика выдержал испытания под давлением и термоциклами: при визуальном осмотре и измерениях изменения длины ОВ не наблюдаются выдавливание гидрофобного компаунда и увеличение длины ОВ в кассетах муфты. В результате была подготовлена технологическая карта монтажа соединительной муфты МТОК-ГЗ/216 с оптическим кабелем типа ОКЛЖ с фиксацией оптических волокон на выходе из модульных трубок кабеля.

Следует при этом отметить, что способ тестирования с использованием термокамеры достаточно дорог. Обусловлено это тем, что термоциклирование требует задействования климатической камеры большого объема и, как следствие, ведет к существенному увеличению потребления энергии. Это ограничивает область применения данного способа.

В связи с этим рассмотрим другой, разработанный специалистами кафедры ЛС и ИТС ПГУТИ, метод тестирования защиты от выдавливания оптических волокон в кассету муфты, который является более экономичным, чем описанный выше.

Согласно предлагаемому способу контролируют изменения потерь в оптических волокнах в муфте в процессе испытаний и полагают, что защита прошла испытания, если изменения потерь не превысили заданного порогового значения. При этом выбирают длину образцов соединяемых оптических кабелей в пределах от 5 до 6 м. После выполнения соединения ОК в муфте с защитой соединений оптического кабеля от выдавливания оптических волокон измеряют величину потерь в ОВ в муфте. Затем на конце оптического кабеля к модульной трубке подключают воздушный компрессор и создают в ней повышенное давление в течение заданного интервала времени. После этого снова измеряют потери в оптических волокнах в муфте и полагают, что защита прошла испытания, если изменения потерь в оптических волокнах в муфте не превысили заданного порогового значения.

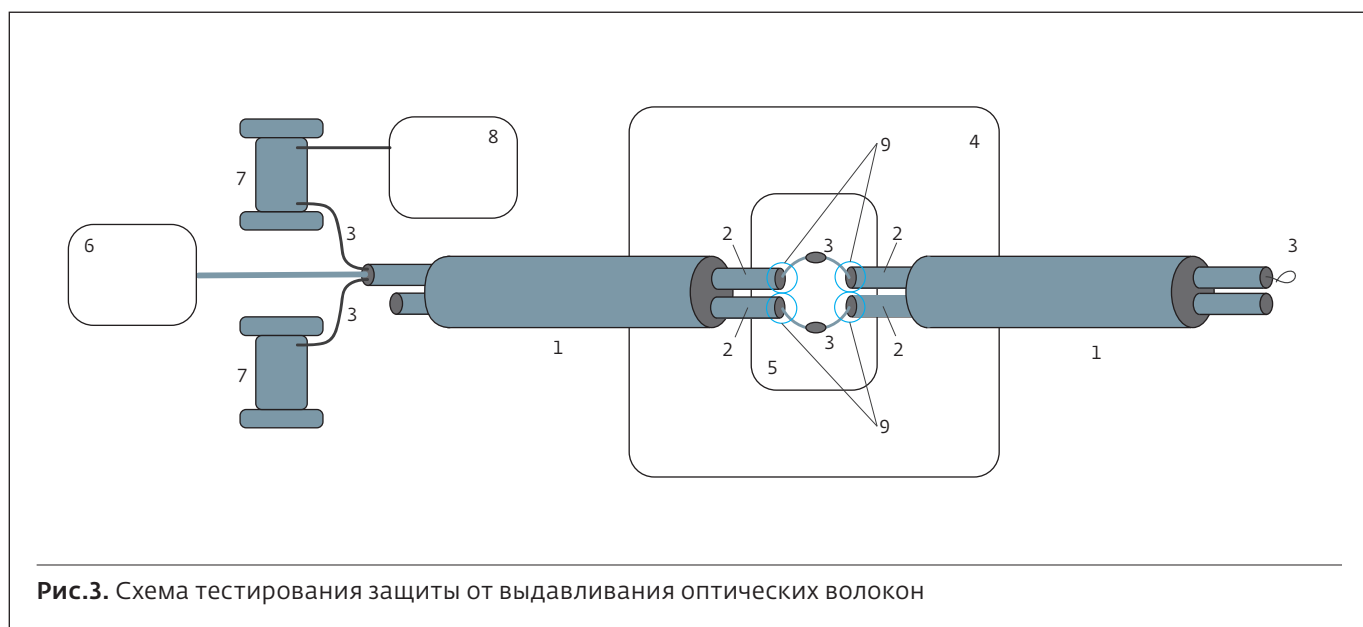


Рис.3. Схема тестирования защиты от выдавливания оптических волокон

Схема предлагаемого способа тестирования представлена на рис.3.

Как видно из рисунка, испытательная установка содержит две длины оптического кабеля 1 с модульными трубками 2, в которых размещены оптические волокна 3, муфту 4 с кассетой 5, компрессор 6, катушки со вспомогательным оптическим волокном 7, оптический рефлектометр 8 и элементы защиты 9 от выдавливания оптических волокон 3 из модульных трубок 2 кабеля 1 в муфту 4.

Оптические волокна двух длин ОК соединены между собой, и место соединения закреплено на кассете муфты. Модульные трубки закреплены на вводе в кассету, а на концах модульных трубок установлены элементы защиты от выдавливания волокон из модульных трубок в муфту. По концам оптического кабеля ОК из модульной трубки соединены в шлейф. Ко входу и выходу шлейфа из оптических волокон модульной трубки подключены катушки со вспомогательным волокном. Через одну из катушек со вспомогательным оптическим волокном ко входу шлейфа из оптических волокон модульной трубки подключен оптический рефлектометр, а к самой модульной трубке подключен компрессор.

Тестирование осуществляется следующим образом. Предварительно, с помощью оптического рефлектометра измеряют потери в оптических волокнах 3 в шлейфе. После этого в течение 30 мин в модульной трубке с помощью компрессора создают давление в 0,6 МПа. Это соответствует нагрузке на элементы защиты от выдавливания оптических волокон из модульных трубок в муфту

при перепадах температуры от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$ в течение 10 термоциклов.

Затем с помощью оптического рефлектометра повторно измеряют потери в оптических волокнах 3 в шлейфе. Если изменения оценок потерь в оптических волокнах в шлейфе, полученных при повторных измерениях, по сравнению с оценками, полученными до испытаний, не превышают допустимых значений, полагают, что защита соединений ОК от выдавливания волокон из модульных трубок в муфту испытания выдержала.

В отличие от способа тестирования с использованием термокамеры, предлагаемое решение не требует применения такого дорогостоящего оборудования, как климатическая камера, и обеспечивает существенное снижение потребления электроэнергии в процессе испытаний, что и позволяет расширить область его применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 года // RG.RU: ежедн. интернет-изд. 19.11.2010. [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2010/11/20/sibir-site-dok.html> (дата обращения: 26.01.2022).
2. Универсальные услуги связи и проект устранения цифрового неравенства. Правовая справка // rostelecom.ru. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rostelecom.ru/projects/uus> (дата обращения: 26.01.2022).
3. О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национа-

- нальной безопасности на период до 2020 года // government.ru. 20.02.2013. [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/info/18360/> (дата обращения: 26.01.2022).
4. Программа стратегического развития ОАО "АК "Транснефть" на период до 2020 года // transneft.ru. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.transneft.ru/files/2012-03/2JQvOV0j7cuBsm6.pdf> (дата обращения: 26.01.2022).
 5. Протяженность оптической сети "Ростелекома" в Сибири приближается к 25 тысячам километров // tuva.rt.ru. 20.01.2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://tuva.rt.ru/press/news/news23105> (дата обращения: 26.01.2022).
 6. Протяженность оптоволоконной сети МТС в Сибири превысила две трети длины экватора // www.spb.kp.ru. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.spb.kp.ru/daily/26506/3375458/> (дата обращения: 26.01.2022).
 7. **Селюков В.А.** Развитие технологической связи в северных регионах // connect-wit.ru. URL: <http://www.connect-wit.ru/wp-content/uploads/2017/09/Selyukov.pdf> (дата обращения: 26.01.2022).
 8. **Бурдин В.А., Нижгородов А.О.** Особенности технологии строительства и эксплуатации волоконно-оптических кабельных линий для нефтепроводной структуры Западной Сибири // Инфокоммуникационные технологии. 2017. Т. 15. (3). С. 233-241.
 9. Отчет об исследовании увеличения затухания в муфтах для соединения кабеля типа ОКГТ на объекте "Ростелеком" и предлагаемая программа контроля. АЛКОА ФУДЖИКУРА Лтд., 1998. 12 с.
 10. **Быков Е.В.** и др. К вопросу о возможности использования транзитной разделки волоконно-оптических кабелей в муфтах в условиях холодного климата // Фотон-Экспресс. 2004. № 2(34). С. 12-13.
 11. **Андреев В.А., Бурдин В.А., Бессмертный А.Н., Нижгородов А.О., Никулина Т.Г.** Особенности технической эксплуатации ВОЛС в районах Крайнего Севера и Сибири // Электросвязь. 2018. № 8. С. 67-71.
 12. **Алехин И.Н., Алехин Н.И.** и др. Способ крепления оптических модулей оптического кабеля на cassette муфты при сращивании длин оптического кабеля. Патент RU 2727562 С1, 2020.
 13. **Воронцов А.С.** и др. Оптические кабели связи российского производства: справочник. М.: Эко-Трендз, 2003. 284 с.

XIII Международная конференция



Transport Networks Russia & CIS

Развитие магистральных сетей связи

более

400

участников

более

50

докладчиков

более

20

экспонентов

более

40

инфопартнеров



Поддержка ведущих отраслевых ассоциаций и объединений деятелей рынка

 **17-18 марта 2022 г.**

www.comnews-conferences.ru/tn2022

Организатор:

