

УДК 621.315.1/3.001

DOI: 10.24160/1993-6982-2018-6-58-65

Исследование механических свойств подвесных и самонесущих оптических кабелей, предназначенных для зоно́вой связи в тропическом климате

М.А. Боев, Хейн Мьят Ко

Представлены результаты испытаний на растяжение подвесных оптических самонесущих кабелей марок ОСД, ОПД, предназначенных для зоно́вой связи в тропическом климате. Особенности применения рассмотрены на примере эксплуатации данных кабелей в Республике Союза Мьянмы, расположенной в Юго-Восточной Азии в зоне влажного тропического климата.

Широкие возможности телекоммуникации Мьянмы реализованы благодаря разветвленной сети линий связи, построенной на использовании в массовом объеме оптических кабелей (ОК). В странах с тропическим климатом ОК прокладывают на открытом воздухе. Однако ОК в данной стране не изготавливают, а приобретают за рубежом, в том числе и в России.

Механические испытания кабелей проводили на установке растяжения типа «РПК-ЕК2» при увеличении растягивающего усилия до 14 кН, на рефлектометре типа BOTDR- DiTeSt (STA200 Series) и измерителе удлинения волоконных световодов типа ИД-2-3. Приведены результаты изменения затухания сигнала в оптическом волокне, выявленные с помощью оптического рефлектометра типа YOKOGAWA AQ7275, и построены графики зависимостей изменения коэффициента затухания в оптическом волокне от растягивающего усилия и зависимостей удлинения кабеля от растягивающего усилия для указанных кабелей.

Ключевые слова: оптический кабель, растягивающее усилие, удлинение, коэффициент затухания, тропический климат, зоно́вая связь.

Для цитирования: Боев М.А., Хейн Мьят Ко. Исследование механических свойств подвесных и самонесущих оптических кабелей, предназначенных для зоно́вой связи в тропическом климате // Вестник МЭИ. 2018. № 6. С. 58—65. DOI: 10.24160/1993-6982-2018-6-58-65.

Studying the Mechanical Properties of Suspended and Self-Supporting Optical Cables Intended for Regional Area Communication Systems in Tropical Climate

М.А. Boev, Hein Myatt Ko

The article presents the results from tensile tests of self-supporting suspended optical cables of the OSD and OPD types intended for setting up regional area communications in tropical climate. The equipment application features are considered taking as an example the operation of these cables in the Republic of the Union of Myanmar, which is located in Southeast Asia in the zone of humid tropical climate.

Wide possibilities of communication in Myanmar have been implemented owing to a highly branched network of communication lines constructed with a mass-scale use of optical cables (OCs). In countries with tropical climate OCs are laid outdoors. Optical cables are not manufactured in Myanmar but purchased outside of the country, in particular, in Russia.

Mechanical tests of the cables were carried out on the RPK-EK tensile test facility with increasing the tensile stress up to 14 kN, with the use of the BOTDR - DiTeSt (STA200 Series) reflectometer and the fiber-optic light guide elongation measurement instrument ID-2-3. The article presents the results from determining the change of attenuation in the optical fiber revealed using the YOKOGAWA AQ7275 optical reflectometer. Graphic dependences illustrating the change of attenuation coefficient in the optical fiber versus the tensile force and cable elongation versus the tensile forces for the above-mentioned cables have been plotted.

Key words: optical cable, tensile force, elongation, attenuation coefficient, tropical climate, regional area communication.

For citation: Boev M.A., Hein Myatt Ko. Studying the Mechanical Properties of Suspended and Self-Supporting Optical Cables Intended for Regional Area Communication Systems in Tropical Climate. MPEI Vestnik. 2018;6:58—65. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2018-6-58-65.

Проанализируем особенности применения оптических кабелей (ОК) на примере Республики Союза Мьянмы. Из-за расположения страны в зоне влажного тропического климата можно выделить три сезона: влажный, длящийся с конца мая до конца октября, прохладный — с конца октября до середины февраля и жаркий — с середины февраля до конца мая. На низменностях высокие температуры воздуха наблюдаются круглый год. В январе среднемесячная температура

составляет +27,3 °С в г. Янгоне, а в г. Мандалае — +27,0 °С. Летом столбик термометра никогда не поднимается выше +41,0 °С. В горных районах гораздо прохладнее. На Шанском нагорье температура ночью в зимний период иногда опускается ниже нуля до –5,0 °С, однако в долинах значительно теплее и температура в январе падает до 7,4 °С [1].

Телекоммуникационные возможности реализованы благодаря разветвленной сети линий связи, построен-

ной на массовом использовании ОК, проложенных в земле, на открытом воздухе, в специальных трубах. В странах с тропическим климатом кабели прокладывают в основном на открытом воздухе, однако в Мьянме их не изготавливают, а приобретают за рубежом, в том числе и в России [2].

Многоканальную связь дальностью до 250 км называют зоной. Для строительства подобных линий в настоящее время используют ОК. Подвесные и самонесущие ОК с маркировкой ОСД и ОПД изготавливает ООО «Еврокабель 1» (Щелково, Россия), характеристики кабелей приведены в таблице

Характеристики оптических кабелей марок ОСД и ОПД

Характеристика	Марка кабеля	
	ОСД	ОПД
Температурный диапазон эксплуатации, °С	-60...70	
Диапазон значений допустимого растягивающего усилия, кН	3,0...45	4,0...12
Количество оптических волокон в кабеле	2...288	
Диаметр кабеля (сердечник/трос), мм	12,1...15,9	7,5/5,8...13,3/7,5

Схема самонесущего ОК марки ОСД изображена на рис. 1 [3]. Кабель имеет диэлектрический центральный силовой элемент (ЦСЭ) 1, выполненный из стеклопластикового стержня. Вокруг него скручены оптические модули (ОМ) 2, содержащие полимерную трубку и кордели. Внутри каждого ОМ может быть от 2 до 24 оптических волокон (ОВ). Внутри ОМ находится гидрофобный наполнитель 3 для защиты от влаги. В межмодульном пространстве также располагаются гидрофобный наполнитель или водоблокирующие эле-

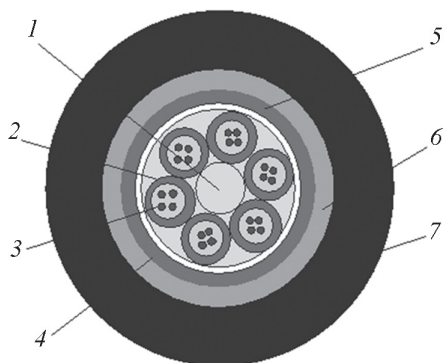


Рис. 1. Самонесущий ОК марки ОСД для подвески на опорах линий связи:

1 — центральный силовой элемент; 2 — оптический модуль; 3 — гидрофобный наполнитель; 4 — водоблокирующий элемент; 5 — внутренняя оболочка; 6 — периферийный силовой элемент; 7 — наружная оболочка

менты 4: нити, ленты и/или порошки. Кабель обладает внутренней оболочкой 5 из полиэтилена (ПЭ), периферийным силовым элементом 6 в виде обмотки из арамидных или стеклянных нитей и наружной оболочкой 7 из полимерного материала, который выбирают в зависимости от исполнения кабеля.

Материал, применяемый для наружной оболочки кабеля марки ОСД, — полиэтилен, предназначенный для кабелей, не распространяющих горение, марок ОСДН (LS-HF). Это полимерный материал с низким дымо- и газовыделением, не выделяющий коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении.

Структура подвесного ОК марки ОПД дана на рис. 2. Его отличие от кабеля марки ОСД заключается в наличии нескольких ОМ, скрученных вокруг ЦСЭ. В каждый ОМ входит от 2 до 24 ОВ. Кабель вместе с несущим силовым элементом покрыт наружной оболочкой из ПЭ [4].

Стойкость кабеля к механическим воздействиям характеризуют допустимыми растягивающим и раздавливающим усилиями, стойкостью к изгибу и осевому кручению, удару и вибрационным нагрузкам.

Исследована стойкость ОК к воздействию растягивающего усилия. Данные по допустимому растягивающему усилию ОК обычно указаны в условном обозначении кабеля.

Кабель обязан быть стойким к статическому и динамическому растягивающим усилиям. Стойкость к динамическому усилию на 15 % больше стойкости к статическому усилию.

Изучено поведение кабелей в условиях умеренного климата Московского региона с целью подтверждения стойкости к механическим воздействиям. Проанализированы самонесущий и подвесной ОК марок ОСД-8х8А-10 и ОПД-2-4А-9. Допустимое значение статического растягивающего усилия (в килоньюто-

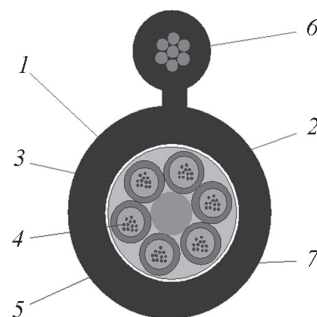


Рис. 2. Подвесной ОК марки ОПД для подвески на опорах линий связи:

1 — центральный силовой элемент (стеклопластиковый стержень); 2 — оптические волокна; 3 — оптический модуль; 4 — гидрофобный наполнитель; 5 — водоблокирующая лента или гидрофобный наполнитель; 6 — несущий силовой элемент (стальной оцинкованный трос или стеклопластиковый стержень); 7 — наружная оболочка (полиэтилен)

нах) указанных кабелей обозначено последними цифрами в марке.

Кабели испытывали на стойкость к растягивающему усилию по методу E1 [5] на специальной установке для испытаний на растяжение и раздавливание типа РРК-ЕК2 (рис. 3) [6]. Образец крепили в специальных зажимах, исключающих проскальзывание и раздавливание и обеспечивающих осесимметричное приложение растягивающего усилия.



Рис. 3. Испытательная установка для растягивающей и раздавливающей нагрузок типа РРК-ЕК2

При подготовке к испытанию верхний конец образца закрепляли на подвижных и неподвижных колесах установки в два прохода. Диаметр каждого колеса — 600 мм, расстояние между подвижными и неподвижными колесами — около 35 м, при этом общая длина растягиваемого участка кабеля чуть больше 70 м.

Кабель подвергали растяжению со скоростью около 100 мм/мин путем приложения усилия ступенями, каждый раз увеличивая нагрузку на 100 Н и выдерживая кабель по 3 мин под нагрузкой на каждой ступени. На оболочке кабеля в зоне растягиваемого участка были нанесены две риски на расстоянии 1 м (l_0).

Для измерения затухания сигнала одновременно во всех ОВ кабеля проводили сварку, посредством которой волокна из разных модулей соединяли одно за другим в шлейф, который подключали к рефлектометру непосредственно или через компенсационную катушку. Для сварки использовали автоматический аппарат «Fujikura 4SM 40S» (рис. 4) [7], снабженный системой



Рис. 4. Автоматический аппарат для сварки оптических волокон «Fujikura 4SM 40S»

юстировки оптических волокон LID, предусматривающей изгиб свариваемых волокон с малым радиусом, ввод в сердцевину одного из свариваемых волокон (через оболочку) оптического излучения и обнаружение этого излучения в сердцевине другого ОВ. Это позволило выполнить автоматическую (под управлением микропроцессора) юстировку ОВ до обеспечения максимального уровня принимаемого оптического сигнала. Система типа LID обеспечила юстировку ОВ по их сердцевинам. Следует иметь в виду, что в результате действия сил поверхностного натяжения при сварке ОВ предварительно отъюстированные волокна могут смещаться.

Для измерения затухания сигнала в ОВ на длине волны 1550 нм применяли оптический рефлектометр типа OTDR «YOKOGAWA AQ7275» (рис. 5.) [8].

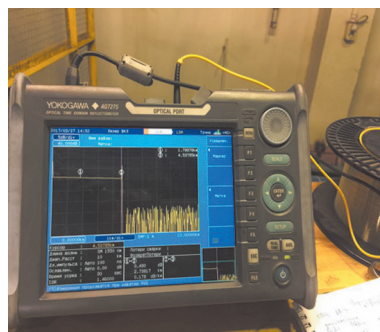


Рис. 5. Оптический рефлектометр OTDR «YOKOGAWA AQ7275»

Деформацию ОВ определяли с помощью рефлектометра типа BOTDR- DiTeSt STA200 Series (бриллюэновского) (рис. 6) [9], который отличается от традиционного OTDR тем, что в нем используются когерентный прием излучения и анализатор спектра. Данное устройство необходимо для мониторинга распределенных механических деформаций и температуры на протяжении десятков километров волоконно-оптической линии связи, что позволяет одновременно вести измерения в тысячах точках одного ОВ, а также служит для опознания возможных неисправностей и определения места их расположения, что необходимо для обеспечения оптимального уровня безопасности, длительной стабильной работы, т. е. надежности линии связи.

В основе системы мониторинга бриллюэновского рефлектометра лежит принцип измерения вынужден-

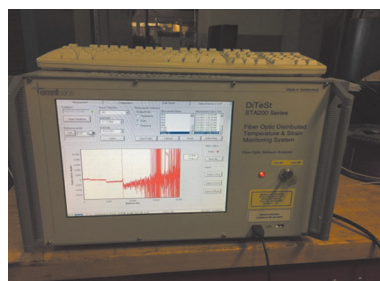


Рис. 6. Рефлектометр типа BOTDR- DiTeSt (STA200 Series)

ного рассеяния Мандельштама–Бриллюэна (ВРМБ), представляющего собой нелинейный процесс, возникающий в материале ОВ при мощности излучения много меньшей, чем требуется для вынужденного комбинационного рассеяния [1]. Измерение уровня ВРМБ в ОВ позволяет получить данные о распределениях механических деформаций и температуры вдоль ОВ. Таким образом, стандартные или специальные телекоммуникационные волокна в кабеле можно использовать в качестве чувствительных (сенсорных) элементов [10].

Измерения удлинения ОВ в кабеле методом фазового сдвига (метод Е) [11] проводили с помощью измерителя удлинения волоконных световодов типа ИД-2-3. Прибор состоит из оптических передатчика ИД-2-3И и приемника ИД-2-3П (рис. 7) и обеспечивает измерение удлинения ОВ в абсолютных и относительных единицах. Измерительный диапазон удлинения световода — от 0 до 1 м. В измерителе есть три внешних и один внутренний измерительных канала. В качестве опорного можно выбрать любой из них и проводить измерения одновременно на трех ОВ. Управляют прибором и обрабатывают полученные результаты с помощью персонального компьютера. Имеющиеся программы выдают информацию об изменении удлинения ОВ в зависимости от нагрузки, времени или температуры как в аналитическом, так и в графическом виде. Результаты измерения фиксируют автоматически с помощью таймера или вручную в любой момент проведения измерений.

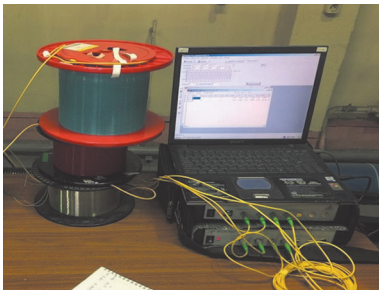


Рис. 7. Измеритель удлинения волоконных световодов ИД-2-3

В процессе растяжения при приложении растягивающего усилия одновременно проходили замеры усилия и расстояния между рисками.

Удлинение кабеля вычисляли по формуле:

$$\Delta l = [(l_m - l_0)/l_0] \cdot 100, \quad (1)$$

где Δl — удлинение кабеля, измеренное по рискам на оболочке, %; l_m, l_0 — расстояния между рисками в момент измерения и в исходном состоянии, мм.

Удлинение ОВ методом фазового сдвига рассчитывали по дифференциальной задержке импульса, при этом удлинение ОВ получали по формуле [12, 13]:

$$\varepsilon = V(\Delta t/L) \cdot 100, \quad (2)$$

где ε — удлинение ОВ, %; V — скорость света, мм/с; Δt — дифференциальная задержка импульса, с; L — длина ОВ, мм;

При приложении растягивающего усилия к ОК в начальный момент времени удлинение ОВ не фиксируется ни рефлектометром, ни измерителем. Оно видно по изменению расстояния между рисками на оболочке кабеля. При приложении растягивающего усилия свыше 2 кН приборы начинают фиксировать удлинение ОВ. Очевидно, что в этих условиях ОВ в модуле исчерпывает «избыточную длину», распрямляется и начинает удлиняться, при этом удлинении не должно превысить некоторого допустимого значения:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \varepsilon_{\text{к}} + \varepsilon_{\text{изб}} + \varepsilon_{\text{ОВ}}, \quad (3)$$

где $\varepsilon_{\text{доп}}$ — максимально допустимое удлинение кабеля; $\varepsilon_{\text{к}}$ — допустимое удлинение кабеля, при котором ОВ не подвергается механическому напряжению; $\varepsilon_{\text{изб}}$ — избыточная длина ОВ в модуле; $\varepsilon_{\text{ОВ}}$ — максимально допустимое удлинение ОВ.

Избыточная длина волокна в модуле заложена при его изготовлении и задана изготовителем ОК [14, 15].

Полученные в процессе приложения к ОК растягивающего усилия результаты измерения затухания и удлинения ОВ приведены на рис. 8 — 15.

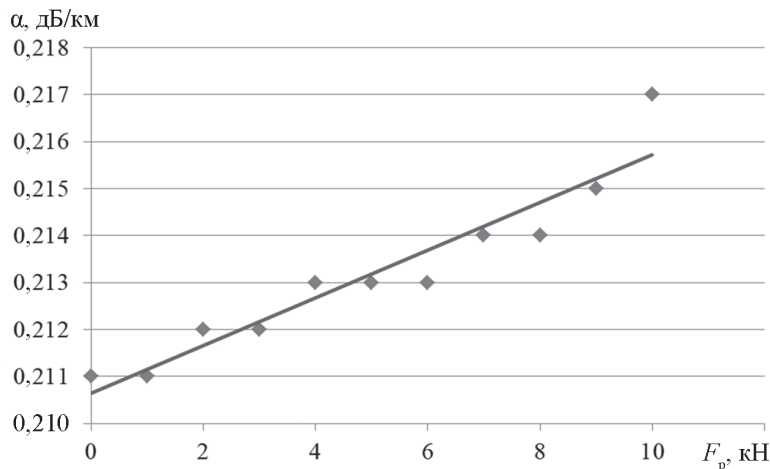


Рис. 8. Зависимость коэффициента затухания α в ОВ кабеля марки ОСД-8x8A-10 от растягивающего усилия F_p :

◆ — экспериментальные значения; — — аппроксимация

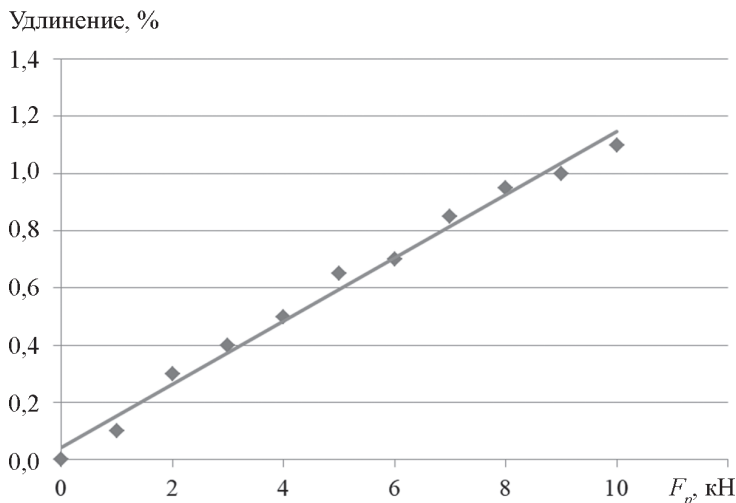


Рис. 9. Зависимость удлинения кабеля марки ОСД-8x8А-10 от растягивающего усилия F_p , определенная по рискам на оболочке:

◆ — экспериментальные значения; — — аппроксимация

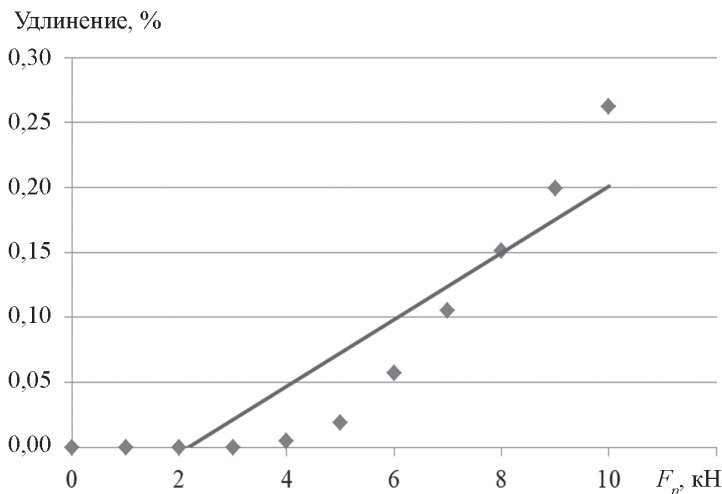


Рис. 10. Зависимость удлинения ОВ в кабеле марки ОСД-8x8А-10 от растягивающего усилия F_p , найденная с помощью рефлектометра типа BOTDR- DiTeSt (STA200 Series):

◆ — экспериментальные значения; — — аппроксимация

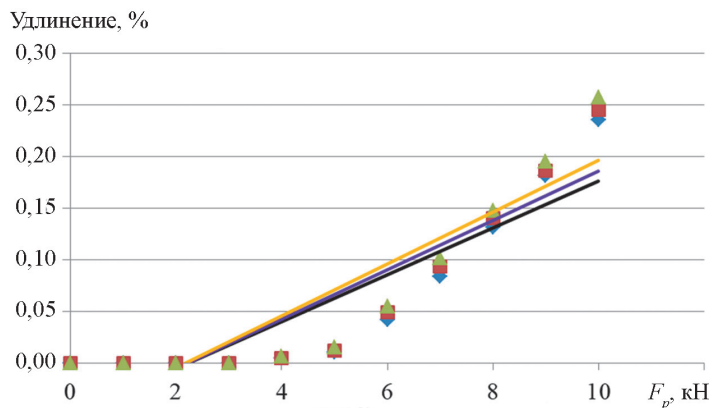


Рис. 11. Зависимость удлинения ОВ в кабеле марки ОСД-8x8А-10 от растягивающего усилия F_p , вычисленная с помощью измерителя удлинения волоконных световодов типа ИД-2-3:

◆, ■, ▲ — экспериментальные значения (1) — (3); —, —, — — аппроксимации (1) — (3)

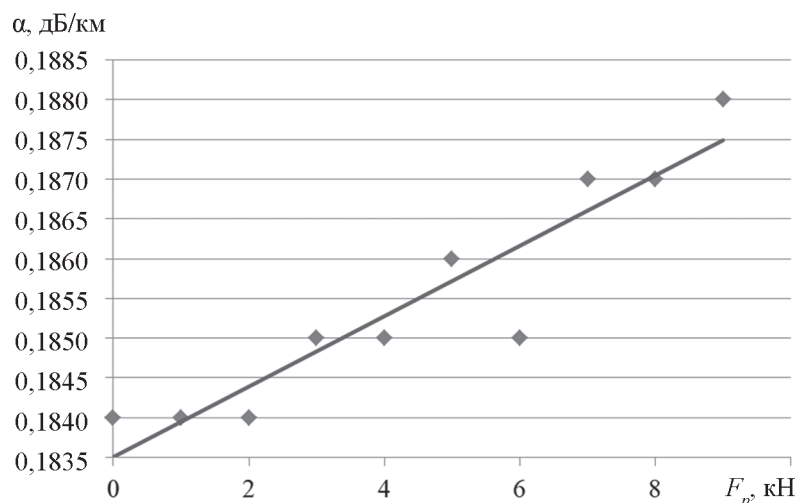


Рис. 12. Зависимость коэффициента затухания α в ОВ кабеля марки ОПД-2·4А-9 от растягивающего усилия F_p :
 ◆ — экспериментальные значения; — — аппроксимация

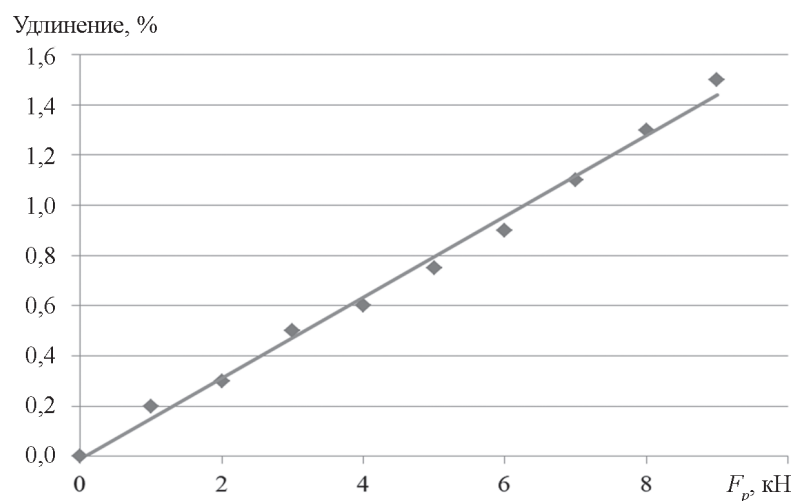


Рис. 13. Зависимость удлинения кабеля марки ОПД-2·4А-9 от растягивающего усилия F_p , полученная по рискам на оболочке:
 ◆ — экспериментальные значения; — — аппроксимация

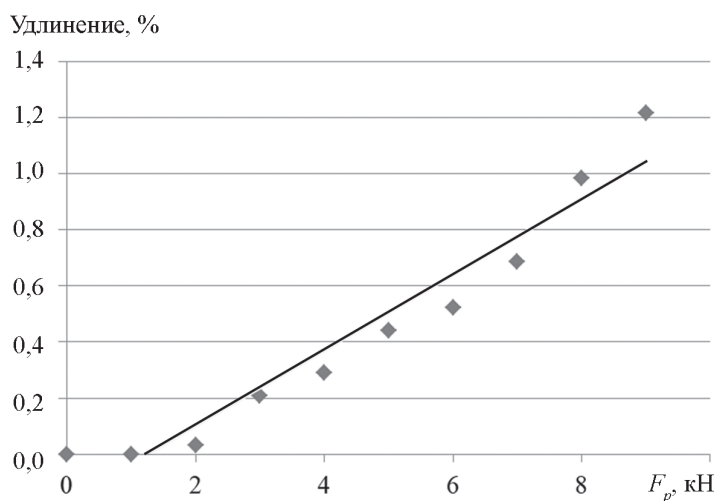


Рис. 14. Зависимость удлинения ОВ в кабеле марки ОПД-2·4А-9 от растягивающего усилия F_p , найденная с помощью рефлектометра типа BOTDR- DiTeSt (STA200 Series):
 ◆ — экспериментальные значения; — — аппроксимация

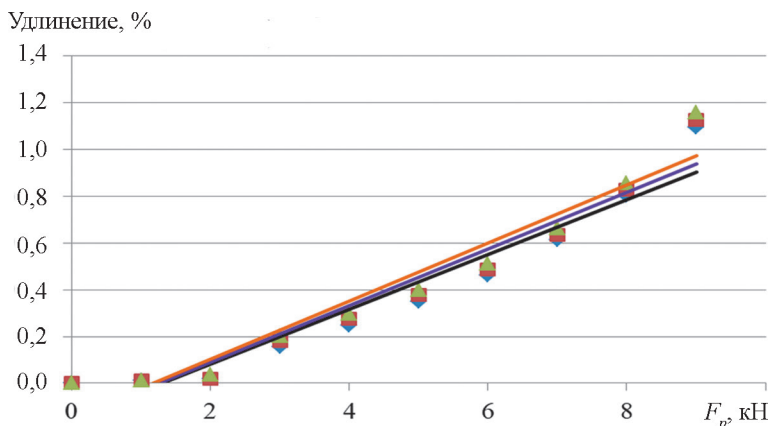


Рис. 15. Зависимость удлинения ОВ в кабеле марки ОПД-2·4А-9 от растягивающего усилия F_p , полученная с помощью измерителя удлинения волоконных световодов типа ИД-2-3:

◆, ■, ▲ — экспериментальные значения (1) — (3); —, —, — — аппроксимации (1) — (3)

Анализ графиков изменения затухания α и удлинения от растягивающего усилия F_p для самонесущего и подвесного ОК марок ОСД-8х8А-10 и ОПД-2·4А-9 показал линейный характер этих зависимостей.

Результаты проведенных испытаний ОК свидетельствуют о том, что фактические значения механической характеристики — стойкости к растягивающему усилию, соответствуют регламентированным в технических условиях значениям.

Литература

1. **Лвин Наинг Чжо.** Моделирование старения кабелей и проводов в условиях тропического климата: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М.: МЭИ, 2010.
2. **Министерство торговли Республики Союз Мьянма** [Офиц. сайт] <https://commerce.gov.mm/en#.W8ZnACu3qHs> (дата обращения 16.11.2017).
3. **Алехин И.Н., Баскаков В.С., Никулина Т.Г.** Жесткость подвесного кабеля в условиях низких отрицательных температур // Инфокоммуникационные технологии. 2017. Т. 15. № 2. С. 137—141.
4. **Богданова О.И., Демин А.В., Смирнов Б.И.** Подвеска оптического кабеля на воздушных линиях электропередачи в сложных природно-климатических условиях // Электро. 2006. № 3. С. 33—37.
5. **ГОСТ Р МЭК 794-1—93.** Кабели оптические. Общие технические требования.
6. **Боев М.А., Маунг Эй.** Кратковременная механическая прочность подвесных оптических кабелей // Кабели и провода. 2015. № 4 (353). С. 22—26.
7. **Боев М.А., Зин Мин Латт.** Стойкость к растягивающему усилию оптических кабелей для широкополосного доступа // Вестник МЭИ. 2017. № 3. С. 67—72.
8. **Оптические технологии** [Офиц. сайт] <http://svarka-optiki.ru/> (дата обращения 14.11.2017).
9. **Листвин А.В., Листвин В.Н.** Рефлектометрия оптических волокон Л63. М.: ЛЕСАРарт, 2005.
10. **Богачков И.В.** Обнаружение натяженных участков в оптических волокнах на основе метода

References

1. **Lvin Naing Chzho.** Modelirovanie Stareniya Kabeley i Provodov v Usloviyakh Tropicheskogo Klimata: Avtoref. Diss. ... Kand. Tekhn. Nauk. M.: MPEI, 2010. (in Russian).
2. **Ministerstvo Torgovli Respubliki Soyuz M'yanma** [Ofits. Sayt] <https://commerce.gov.mm/en#.W8ZnACu3qHs> (Data Obrashcheniya 16.11.2017).
3. **Alekhin I.N., Baskakov V.S., Nikulina T.G.** Zhestkost' Podvesnogo Kabelya v Usloviyakh Nizkikh Otritsatel'nykh Temperatur. Infokommunikatsionnye Tekhnologii. 2017;15;2:137—141. (in Russian).
4. **Bogdanova O.I., Demin A.V., Smirnov B.I.** Podveska Opticheskogo Kabelya na Vozdushnykh Liniyakh Elektropredachi v Slozhnykh Prirodno-klimaticheskikh usloviyakh. Elektro. 2006;3:33—37. (in Russian).
5. **GOST R MEK 794-1—93.** Kabeli opticheskie. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. (in Russian).
6. **Boev M.A., Maung Ey.** Kratkovremennaya Mehanicheskaya Prochnost' Podvesnykh Opticheskikh Kabeley. Kabeli i Provoda. 2015;4 (353):22—26. (in Russian).
7. **Boev M.A., Zin Min Latt.** Stoykost' k Rastyagivayushchemu Usiliyu Opticheskikh Kabeley dlya Shirokopolosnogo Dostupa. Vestnik MPEI. 2017;3:67—72. (in Russian).
8. **Opticheskie tekhnologii** [Ofits. Sayt] <http://svarka-optiki.ru/> (Data Obrashcheniya 14.11.2017). (in Russian).
9. **Listvin A.V., Listvin V.N.** Reflektometriya Opticheskikh Volokon L63. M.: LESARart, 2005. (in Russian).
10. **Bogachkov I.V.** Obnaruzhenie Natyazhennykh Uchastkov v Opticheskikh Voloknakh na Osnove Metoda

бриллюэновской рефлектометрии // Т-сomm: Телекоммуникации и транспорт. 2016. Т. 10. № 12. С. 85—91.

11. **ГОСТ Р МЭК 60793-1-22—2012.** Волокна оптические. Ч. 1 — 22. Методы измерений и проведение испытаний. Измерение длины.

12. **Овсеев Н.Ю., Мусалимов В.М.** Метод фазового сдвига для измерения стойкости волоконно-оптических кабелей к продольной растягивающей нагрузке // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2008. № 57. С. 33—40.

13. **Феодосьев В.И.** Сопrotivление материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999.

14. **Бурдин В.А., Бурдин А.В.** Рефлектометрические методы измерений распределений избыточной длины оптических волокон в модульных трубках кабеля // Фотоника. 2017. Т. 4. № 64. С. 96—105.

15. **Dias da Silva V.** Mechanics and Strength of Materials. N.-Y.: Springer Berlin Heidelberg, 2006.

Brillyuenovskoy Reflektometrii. T-comm: Telekommunikacii i Transport. 2016;10;12:85—91. (in Russian).

11. **GOST R MEK 60793-1-22—2012.** Volokna Opticheskie. Ch. 1 — 22. Metody Izmereniy i Provedenie Ispytaniy. Izmerenie Dliny. (in Russian).

12. **Ovseev N.Yu., Musalimov V.M.** Metod Fazovogo Sdviga dlya Izmereniya Stoykosti Volokonno-opticheskikh Kabeley k Prodol'noy Rastyagivayushchey Nagruzke. Nauchno-tekhnicheskij Vestnik Informacionnykh Tekhnologiy, Mekhaniki i Optiki. 2008;57:33—40. (in Russian).

13. **Feodos'ev V.I.** Soprotivlenie Materialov. M.: Izd-vo MG TU im. N.E. Baumana, 1999. (in Russian).

14. **Buridin V.A., Buridin A.V.** Reflektometricheskie Metody Izmereniy Raspredeleniy Izbytochnoy Dliny Opticheskikh Volokon v Modul'nykh Trubkakh Kabelya. Fotonika. 2017;4;64:96—105. (in Russian).

15. **Dias da Silva V.** Mechanics and Strength of Materials. N.-Y.: Springer Berlin Heidelberg, 2006.

Сведения об авторах:

Боев Михаил Андреевич — доктор технических наук, профессор кафедры физики и технологии электротехнических материалов и компонентов НИУ «МЭИ», e-mail: maboev@mail.ru

Хейн Мьят Ко — аспирант кафедры физики и технологии электротехнических материалов и компонентов НИУ «МЭИ», e-mail: heinmyattko@gmail.com

Information about authors:

Boev Mikhail A. — Dr.Sci. (Techn.), Professor of Physics and Technologies of Electrical Materials and Components Dept., NRU MPEI, e-mail: maboev@mail.ru

Hein Myatt Ko — Ph.D.-student of Physics and Technologies of Electrical Materials and Components Dept., NRU MPEI, e-mail: heinmyattko@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Статья поступила в редакцию: 17.12.2017

The article received to the editor: 17.12.2017