

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ (05.09.02)

УДК 621.315.1/3.001.2

DOI: 10.24160/1993-6982-2019-1-56-60

Испытание на стойкость к удару внутриобъектовых оптических кабелей для широкополосного доступа

М.А. Боев, Зин Мин Латт

Представлены результаты испытания на стойкость к удару внутриобъектовых оптических кабелей марок OBHCLS-HF, OBHPLS-HF, OBHBLS-HF, OBHPILS-HS и OPHPLS-HS, предназначенных для систем широкополосного доступа (технология, с помощью которой обеспечивают постоянное подключение к интернету, телевидению телефонной линии). Конструкция кабелей включает оптическое волокно в буферном покрытии со свободной укладкой или от 2 до 288 оптических волокон в пучке микромодулей со свободной укладкой, силовой элемент в виде пучка арамидных нитей или в виде двух стеклопластиковых прутков, находящихся внутри наружной оболочки и саму полимерную наружную оболочку. Кабели не распространяют горение и не содержат материалов, выделяющих коррозионно-активные продукты дымо- и газовой выделений при горении и тлении.

Испытание кабелей на стойкость к удару проводили по методу E4 ГОСТ Р МЭК 794-1—93 на строительной длине кабеля. Для испытаний на удар использовали специальную установку типа СУ-ЕК2.

Приведены результаты измерения величины мощности сигнала в оптическом волокне и рассчитан прирост затухания в зависимости от энергии удара, воздействующего на кабель. Определены коэффициенты регрессии и по полученным уравнениям построены прямолинейные зависимости. Анализ с помощью метода линейной регрессии полученных зависимостей показал линейный характер указанных зависимостей.

Ключевые слова: оптические кабель и волокно, измерение и прирост затухания, мощность сигнала, энергия удара, линейная регрессия.

Для цитирования: Боев М.А., Зин Мин Латт. Испытание на стойкость к удару внутриобъектовых оптических кабелей для широкополосного доступа // Вестник МЭИ. 2019. № 1. С. 56—60. DOI: 10.24160/1993-6982-2019-1-56-60.

Impact Resistance Tests of Intra-Facility Optical Cables for Broadband Access Systems

M.A. Boev, Zin Min Latt

The article presents the results obtained from impact resistance tests of optical fiber cables OBHCLS-HF, OBHPLS-HF, OBHBLS-HF, OBHPILS-HS, and OPHPLS-HS intended for use in broadband access systems (a technology that allows users to be permanently connected to the Internet, TV channels, and telephone line). The cable design includes an optical fiber in a buffer coating, with a loose laying, or from 2 to 288 optical fibers in a bundle of micromodules with free laying, a strength member in the form of an aramid yarn bundle or two fiberglass rods placed inside the outer sheath, and the polymer outer sheath itself. The cables are flame retardant and do not contain materials that release corrosive smoke and gas release products during combustion and smoldering.

The cable impact resistance tests were carried out in accordance with the E4 method stipulated by GOST R IEC 794-1 on the cable construction length. The impact tests were carried out using a special SU-EK2 installation.

The results from signal power measurements in an optical fiber are presented, and the attenuation increment as a function of impact energy acting on the cable has been calculated. The regression coefficients are determined, and linear dependences are plotted from the obtained equations. An analysis of the obtained dependences carried out using the linear regression method has shown that these dependences are linear in nature.

Key words: optical cable, optical fiber, attenuation measurement and increment, signal power, impact energy, linear regression.

For citation: Boev M.A., Zin Min Latt. Impact Resistance Tests of Intra-Facility Optical Cables for Broadband Access Systems. MPEI Vestnik. 2019;1:56—60. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2019-1-56-60.

Введение

В начале второй половины XX в. появились первые цифровые системы связи, предназначенные для быстрой дистанционной передачи цифровых потоков. Созданные для этой цели комплексные сети позволяют предоставлять абонентам услуги связи, к которым относится усовершенствованный телефонный сервис под названием технология DSL (Digital Subscriber Line — цифровая абонентская связь по кабелю). В ней передача сигналов идет по витой паре медных проводников. Развитие технологии DSL дало толчок к созданию множества различных видов подобной связи.

Существующие технологии DSL делят на две подгруппы: симметричного и асимметричного типа. Симметричные применяют, как правило, в корпоративном секторе, тогда как асимметричные предназначены для предоставления услуг доступа к мультимедийной сети отдельным абонентам. Различают также системы уплотнения абонентских линий: ADSL, HDSL, RADSL, SHDSL.

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line — асимметричная цифровая абонентская линия) — модемная технология, превращающая стандартные телефонные аналоговые линии в линии высокоскоростного доступа.

HDSL (High Bit-Rate Digital Subscriber Line — высокоскоростная цифровая абонентская линия) — предусматривает организацию симметричной линии передачи данных, когда скорости передачи данных от пользователя в сеть и из сети к пользователю равны.

RADSL (Rate Adaptive Digital Subscriber Line — цифровая абонентская линия с адаптацией скорости соединения) — обеспечивает такую же скорость передачи данных, что и ADSL, но при этом устройства, реализующие эту технологию, способны адаптироваться по скорости передачи к протяженности линии и состоянию используемой витой пары медных проводов.

SDSL (Single Line Digital Subscriber Line — однолинейная цифровая абонентская линия) — так же, как и HDSL, поддерживает симметричную передачу данных, при этом используя только одну витую пару медных проводов.

В настоящее время потребителю требуется новый вид связи, дающий постоянное (не сеансовое) подключение к интернету [1]. Так, возникла потребность в широкополосном доступе (ШПД).

С помощью ШПД можно обеспечить скорость обмена данными во много раз большую, чем при коммутируемом доступе, и при этом полностью не занимать телефонную линию, поэтому подключение ШПД часто еще называют высокоскоростным интернетом. Значение нижней границы скорости ШПД составляет 128 Кбит/с. В настоящее время потребности максимального доступной для домашних абонентов ШПД могут быть удовлетворены при скорости более 100 Мбит/с.

Несмотря на то, что многие учреждения и коммерческие организации уже имеют ШПД, до сих пор не решена проблема предоставления ШПД на отрезке линии связи, ведущей непосредственно в дома пользователей (так называемая «последняя миля»). Ряд конкурирующих телекоммуникационных компаний разрабатывают, внедряют и рекламируют специфические технологии и услуги, предназначенные для предоставления ШПД широким слоям населения.

Благодаря ШПД пользователь должен получить услуги цифрового телевидения по интернету, услуги передачи голосовых данных (IP телефонии) на любые расстояния по дешевым тарифам или даже бесплатно, а также возможность удаленного хранения данных больших объемов информации. Реализовать эти требования, используя для передачи сигналов витую пару медных проводников, сегодня проблематично.

Наиболее передовым в технологии ШПД является использование для передачи данных внутриобъектовых оптических кабелей (ОК), поэтому актуальны исследование особенностей применения и разработка конструкций ОК для организации ШПД [2 — 4].

Методы и объект исследования

Представлены результаты измерения величины мощности сигнала в оптическом волокне (ОВ) и рассчитан прирост затухания в зависимости от энергии удара, воздействующего на внутриобъектовые ОК. В конструкцию кабелей входят оптическое волокно в буферном покрытии со свободной укладкой или от 2 до 288 ОВ в пучке микромодулей со свободной укладкой, силовой элемент в виде пучка арамидных нитей или силовых элементов в виде двух стеклопластиковых прутков, находящихся внутри наружной оболочки, и сама полимерная наружная оболочка. Кабели не распространяют горение и не содержат материалов, выделяющих коррозионно-активные продукты дымо- и газовой выделений при горении и тлении [5].

Объектом испытаний выбраны ОК марок ОВНCLSHF-1A1(0.9)-0,2, ОВНPLSHF-8A1(0.9)-1,0, ОВНBLSHF-8A(0.9)-0,5Д2, ОВНPILSHF-1A-0,5A2 и ОПНPILSHF-2A-1,0м [5]. Испытание кабелей на стойкость к удару проводили по ГОСТ Р МЭК 794-1—93 (метод Е4) на строительной длине кабеля на специальной установке типа СУ-ЕК2 (рис. 1). Образец помещали на плоское стальное основание и закрепляли. Воздействовали на образец грузом, падающим с определенной высоты. Установка обеспечивала возможность вертикального падения груза на промежуточную стальную пластину, которая, в свою очередь, передавала удар на образец кабеля. Имелось три места нанесения удара на кабель с расстоянием между ними не менее 1 м.

В процессе испытания на стойкость к удару ОВ кабеля подключали к измерительному прибору для проведения измерения затухания. В настоящем случае использовали рефлектометр типа YOKOGAWA AQ7275 [6].



Рис. 1. Испытательная установка для проведения испытаний кабелей на стойкость к удару

Если длины ОВ в кабеле было недостаточно, то проблему решали путем сварки ОВ, посредством которой волокна из разных модулей последовательно соединяли одно за другим, что увеличивало общую длину. Для сварки ОВ использовали автоматический аппарат типа Fujikura FSM 40S. После соединения ОВ образовывался шлейф, подключаемый к рефлектометру. Кроме того, рефлектометр подключали через компенсационную катушку, которая также увеличивала оптическую длину. В процессе испытания контролировали приращение затухания сигнала в ОВ на длине волны 1550 нм согласно ГОСТ Р МЭК 60793-1-40—2012 в следующие моменты:

- до начала и по окончании механического воздействия;
- в момент удара.

Кабель считали выдержавшим испытание, если приращение затухания в процессе испытаний не превышало 0,05 дБ, учитывая погрешность измерительного прибора.

Величину затухания рассчитывали по формуле [7]:

$$\alpha = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2},$$

где α — приращение затухания в ОВ; P_1, P_2 — мощности сигнала, измеренные в начале и на конце образца кабеля.

Представлены результаты измерения приращения затухания мощности сигнала.

Величину приращения затухания вычисляли следующим образом:

$$\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1,$$

где $\Delta\alpha$ — изменение величины приращения затухания в ОВ; α_1, α_2 — затухания, измеренные до начала механического воздействия и в момент удара.

Формула энергии удара выглядит как:

$$E_p = mgH,$$

где E_p — энергия удара; m, H — масса и высота падения груза; g — ускорение свободного падения.

Эксперимент и обработка результатов

Полученные в ходе исследования результаты представлены на рис. 2 — 6.

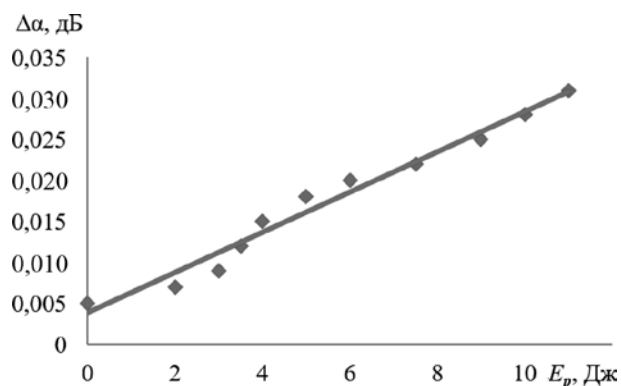


Рис. 2. Прирост затухания $\Delta\alpha$ сигнала в ОВ в зависимости от энергии удара E_p кабеля марки OBHCLS-HF-1A1(0.9)-0,2:

◆ — экспериментальное значение; — — аппроксимация

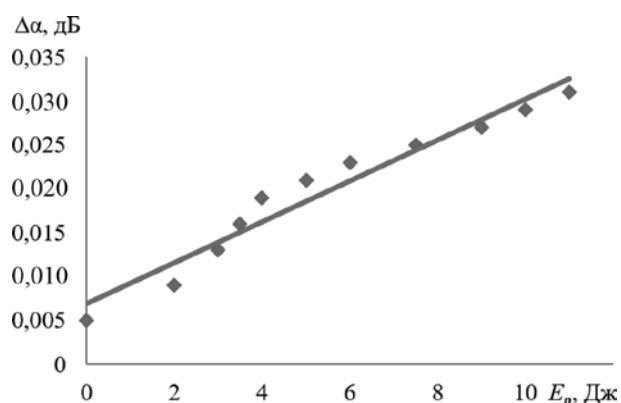


Рис. 3. Прирост затухания $\Delta\alpha$ сигнала в ОВ в зависимости от энергии удара E_p кабеля марки OBHPLS-HF-8A1(0.9)-1,0:

◆ — экспериментальное значение; — — аппроксимация

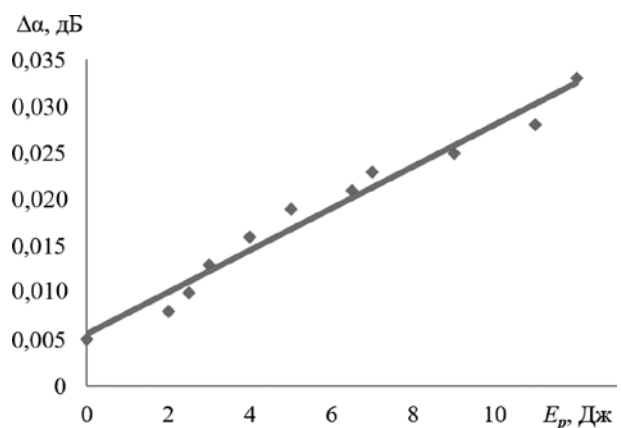


Рис. 4. Прирост затухания $\Delta\alpha$ сигнала в ОВ в зависимости от энергии удара E_p кабеля марки OBHBL5-HF-8A(0,9)-0,5Д2:

◆ — экспериментальное значение; — — аппроксимация

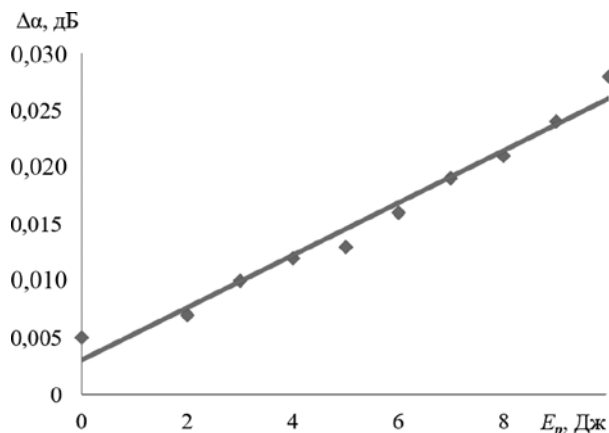


Рис. 5. Прирост затухания $\Delta\alpha$ сигнала в ОБ в зависимости от энергии удара E_p кабеля марки OBHPLS-HF-1A-0,5A2:

◆ — экспериментальное значение; — — аппроксимация

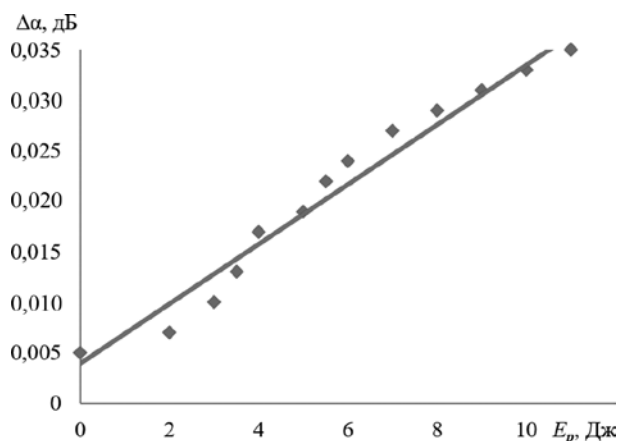


Рис. 6. Прирост затухания $\Delta\alpha$ сигнала в ОБ в зависимости от энергии удара E_p кабеля марки OPHPLS-HF-2A-1,0м:

◆ — экспериментальное значение; — — аппроксимация

Анализ полученных зависимостей изменения прироста затухания $\Delta\alpha$ от энергии удара E_p показал их линейный характер. Метод линейной регрессии позволил построить прямолинейную зависимость, максимально соответствующую ряду упорядоченных пар $\Delta\alpha$ и E_p . Приведем линейное уравнение для прямой линии [8]:

$$\Delta\alpha = a + bE_p,$$

где a, b — коэффициенты регрессии.

В таблице даны полученные уравнения регрессии для зависимостей изменения прироста затухания от энергии удара для кабелей исследованных марок.

Уравнение регрессии зависимости изменения затухания от удара для исследованных кабелей

Марки кабелей	Уравнение регрессии
OBHPLS-HF-8A1(0.9)-1,0	$\Delta\alpha = 0,004 + 0,0025E_p$
OBHCLS-HF-1A1(0.9)-0,2	$\Delta\alpha = 0,007 + 0,0023E_p$
OBHBLS-HF-8A(0.9)-0,5Д2	$\Delta\alpha = 0,006 + 0,0023E_p$
OBHPLS-HF-1A-0,5A2	$\Delta\alpha = 0,003 + 0,0023E_p$
OPHPLS-HF-2A-1,0м	$\Delta\alpha = 0,004 + 0,0029E_p$

Заключение

Полученные в ходе исследования уравнения позволили определить предельно допустимую энергию удара, воздействующего на внутриобъектовые ОК.

Результаты работы помогли регламентировать требования по стойкости к удару для кабелей исследованных марок в нормативной документации ТУ 3587-003-58743450—2014.

Литература

1. Лесин В. История сетей широкополосного доступа и Интернет // Оборудование электросвязи [Электрон. ресурс] <http://olacom.ru/istoriya-setej-shirokopolosnogo-dostupa-i-internet-obzor-texnologij.html> (дата обращения 15.01.2018).
2. Куськов В. Кабель широкополосного доступа: требования и конструкция // Первая миля. 2011. № 3. С. 58—60.
3. Алимов А.Е., Григорьев В.А., Шавкунов О.В. Практический опыт монтажа линии связи внутри промышленного здания // Кабели и провода. 2014. № 6 (349). С. 34—37.
4. Ларин Ю.Т., Мещанов Г.И., Овчинникова И.А., Тарасов Д.А. Оптические кабели — основа современных телекоммуникационных сетей // Кабели и провода. 2017. № 3 (365). С. 36—40.
5. Боев М.А., Зин Мин Латт. Современные конструкции внутриобъектовых оптических кабелей для

References

1. Lesin V. Istoriya Setey Shirokopolosnogo Dostupa i Internet // Oborudovanie Elektrosvyazi [Elektron. Resurs] <http://olacom.ru/istoriya-setej-shirokopolosnogo-dostupa-i-internet-obzor-texnologij.html> (Data Obrashcheniya 15.01.2018). (in Russian).
2. Kus'kov V. Kabel' Shirokopolosnogo Dostupa: Trebovaniya i Konstruktsiya. Pervaya Milya. 2011;3:58—60. (in Russian).
3. Alimov A.E., Grigor'ev V.A., Shavkunov O.V. Prakticheskiy Opyt Montazha Linii Svyazi Vnutri Promyshlennogo Zdaniya. Kabeli i provoda. 2014;6 (349):34—37. (in Russian).
4. Larin Yu.T., Meshchanov G.I., Ovchinnikova I.A., Tarasov D.A. Opticheskie Kabeli — Osnova Sovremennyh Telekommunikatsionnyh Setey. Kabeli i Provoda. 2017;3 (365):36—40. (in Russian).
5. Boev M.A., Zin Min Latt. Sovremennye Konstruktsii Vnutriob'ektovyh Opticheskikh Kabeley dlya

широкополосного доступа // Кабели и провода. 2016. № 5 (360). С. 31—36.

6. **Листвин А.В., Листвин В.Н.** Рефлектометрия оптических волокон. М.: ЛЕСАРарт, 2005.

7. **Холодный С.Д., Серебрянников С.В., Боев М.А.** Методы испытаний и диагностики в электроизоляционной и кабельной технике. М.: Изд. дом МЭИ, 2009.

8. **Байков В.А., Жибер А.В.** Уравнения математической физики. М., Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.

Shirokopolosnogo Dostupa. Kabeli i Provoda. 2016;5 (360):31—36. (in Russian).

6. **Listvin A.V., Listvin V.N.** Reflektometriya Opticheskikh Volokon. M.: LESARart, 2005. (in Russian).

7. **Holodnyy S.D., Serebryannikov S.V., Boev M.A.** Metody Ispytaniy i Diagnostiki v Elektroizolyatsionnoy i Kabel'noy Tekhnike. M.: Izd. Dom MEI, 2009. (in Russian).

8. **Baykov V.A., Zhiber A.V.** Uravneniya Matematicheskoy Fiziki. M., Izhevsk: Institut Komp'yuternyh Issledovaniy, 2003. (In Russian).

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

Зин Мин Латт — аспирант кафедры физики и технологии электротехнических материалов и компонентов НИУ «МЭИ», e-mail: zinminlatt13988@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

Zin Min Latt — Ph.D.-student of Physics and Technologies of Electrical Materials and Components Dept., NRU MPEI, e-mail: zinminlatt13988@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Статья поступила в редакцию: 25.01.2018

The article received to the editor: 25.01.2018