



М.А. Боев, д-р техн. наук, профессор;

Йе Чжо Мин, аспирант;

Национальный исследовательский университет (МЭИ)

СТОЙКОСТЬ К МЕХАНИЧЕСКОМУ УСИЛИЮ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ, ПРОКЛАДЫВАЕМЫХ В ЗЕМЛЕ

Аннотация. Представлены современные конструкции оптических кабелей марок ОГЦ-8А-7, ОГЦ-16А-7, ОГЦ-24А-7, ОГЦ-4А-20, ОГЦ-12А-20, которые используют для прокладки в земле. Кабели изготавливают в соответствии с требованиями технических условий (ТУ 3587-001-58743450-2005). Приведены результаты экспериментального исследования указанных кабелей по определению допустимых растягивающего усилия и удлинения.

Ключевые слова: оптический кабель, оптическое волокно, затухание, растягивающее усилие, удлинение.

Abstract. The paper presents present-day designs of ОГЦ-8А-7, ОГЦ-16А-7, ОГЦ-24А-7, ОГЦ-4А-20, ОГЦ-12А-20 optical cables intended for direct burial. The cables are manufactured in accordance with technical specifications (TU 3587-001-58743450-2005). The results of experimental investigation of these cables for admissible tensile stress and elongation are given.

Key words: optical cable; optical fiber; attenuation; tensile stress; elongation.

Материал поступил в редакцию 09.06.2017

Боев М.А. E-mail: maboev@mail.ru

Йе Чжо Мин E-mail: yekyawmin51@gmail.com

Сегодня самым современным и наиболее популярным видом среди кабелей связи являются оптические кабели (ОК), которые в зависимости от условий применения могут иметь различные модификации, например, кабели, прокладываемые в земле, на воздухе, внутри различных объектов и т.д. Широкую известность ОК приобрели благодаря отличным характеристикам передачи сигналов и невероятно большой информационной емкости.

Кабели, которые предназначены для эксплуатации непосредственно в земле, должны иметь достаточно надежную защиту от внешних механических воздействий. В данной работе исследованы оптические кабели марки ОГЦ, изготавливаемые по ТУ 3587-001-58743450-2005 и предназначенные для прокладки в земле. На рис. 1 представлена конструкция таких кабелей с центральным оптическим модулем.

Оптические волокна (ОВ), находящиеся в центре кабеля, защищены силовым элементом конструкции – броней, выполненной из стальной оцинкованной проволоки. Поверх брони в конструкции кабеля предусмотрена наружная оболочка из полиэтилена. Кабели марки ОГЦ изготавливают с различным количеством ОВ и с различной механической прочностью. Основные характеристики этих кабелей приведены в табл. 1.

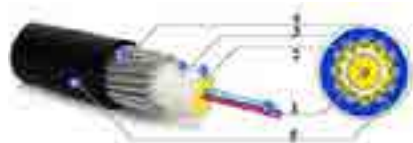


Рис. 1. Конструкция кабеля марки ОГЦ:

- 1 – оптические волокна;
- 2 – гидрофобный наполнитель;
- 3 – оптический модуль;
- 4 – броня из стальной проволоки;
- 5 – наружная оболочка

Кабель может содержать от 2 до 24 ОВ, должен выдерживать температуру окружающей среды от минус 40 до плюс 50 °С, быть стойким к статическому растягивающему усилию от 7 кН до 20 кН и раздавливанию с усилием не менее 0,5 кН/см [1].

В данной работе представлены результаты испытания кабелей марок ОГЦ-8А-7, ОГЦ-16А-7, ОГЦ-24А-7, ОГЦ-4А-20, ОГЦ-12А-20 на стойкость к растягивающему усилию с помощью испытательной установки с максимальным растягивающим усилием 100000 Н по методу ГОСТ Р МЭК 794-1-93 (метод Е1) на строительной длине ОК, с предварительно изготовленным шлейфом из ОВ. Длина испытываемого участка ОК при растяжении составляет от 70 до 230 м. Полученные результаты сведены в табл. 2–6, по этим данным построены графики зависимостей, приведенные на рис. 2–11.

Согласно ТУ 3587-001-58743450-2005 установлено допустимое значение растягивающего усилия 7 кН на исследованные кабели марок ОГЦ-8А-7, ОГЦ-16А-7, ОГЦ-24А-7 и допустимое значение растягивающего усилия 20 кН на исследованные кабели марок ОГЦ-4А-20, ОГЦ-12А-20.

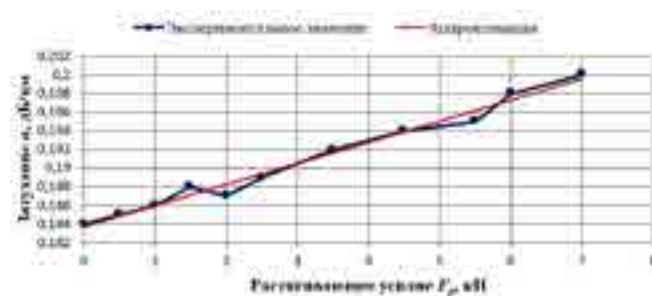


Рис. 2. Зависимость затухания от растягивающего усилия кабеля марки ОГЦ-8А-7

Таблица 1

Основные характеристики кабелей марки ОГЦ, предназначенных для прокладки в земле

Кол-во ОВ в кабеле	Диаметр проволоки брони, мм	Диаметр кабеля, мм	Масса 1 км кабеля, кг
4А-7	0,9	8,3	110
8А-7	0,9	8,3	110
12А-7	0,9	8,3	110
16А-7	0,9	8,5	116
24А-7	0,9	8,9	125
4А-20	2,0	12,1	345
12А-20	2,0	12,1	345

Таблица 2

Испытание на растяжение кабеля марки ОГЦ-8А-7

Растягивающее усилие (F_p), кН	Затухание (α), дБ/км	Удлинение (Δl), %
0,00	0,184	0,00
0,50	0,185	0,20
1,00	0,186	0,50
1,50	0,188	1,00
2,00	0,187	1,00
2,50	0,189	2,00
3,50	0,192	2,50
4,50	0,194	3,00
5,50	0,195	3,00
6,00	0,198	3,50
7,00	0,200	4,00

Таблица 4

Испытание на растяжение кабеля марки ОГЦ-24А-7

Растягивающее усилие (F_p), кН	Затухание (α), дБ/км	Удлинение (Δl), %
0,0	0,197	0,00
0,5	0,198	1,00
1,5	0,198	1,50
2,0	0,199	1,50
3,0	0,204	2,50
3,5	0,207	3,50
4,5	0,210	3,50
5,0	0,210	4,50
5,5	0,212	5,50
6,5	0,213	6,00
7,0	0,217	7,00

Таблица 3

Испытание на растяжение кабеля марки ОГЦ-16А-7

Растягивающее усилие (F_p), кН	Затухание (α), дБ/км	Удлинение (Δl), %
0,0	0,195	0,00
0,5	0,196	0,50
1,0	0,197	1,00
1,5	0,198	1,00
2,5	0,198	2,00
3,0	0,200	3,00
4,0	0,202	4,50
4,5	0,202	4,50
5,0	0,204	5,00
6,0	0,210	5,50
7,0	0,215	6,00

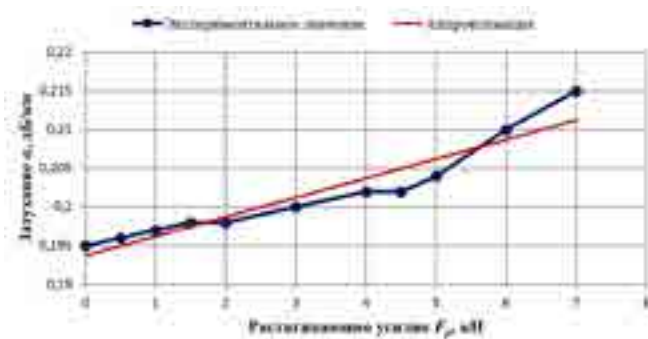


Рис. 4. Зависимость затухания от растягивающего усилия кабеля марки ОГЦ-16А-7

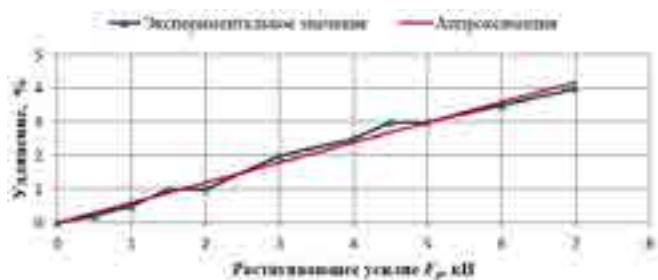


Рис. 3. Зависимость удлинения кабеля марки ОГЦ-8А-7 от растягивающего усилия

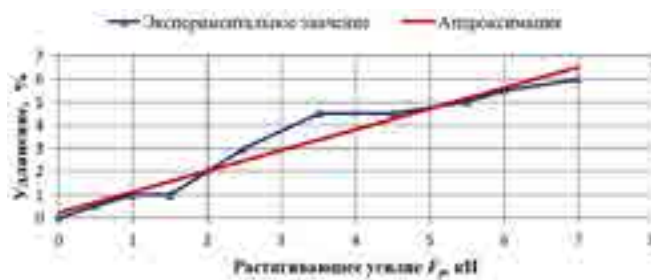


Рис. 5. Зависимость удлинения кабеля марки ОГЦ-16А-7 от растягивающего усилия

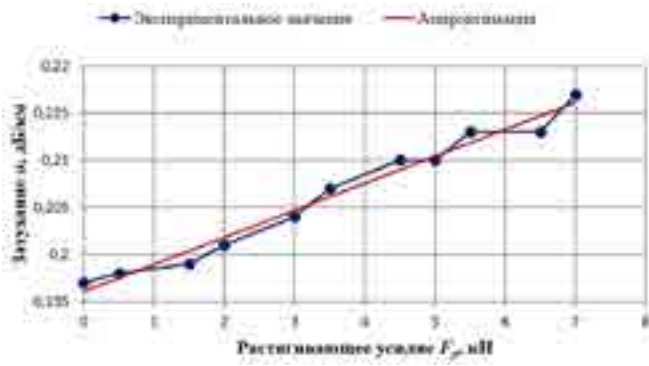


Рис. 6. Зависимость затухания от растягивающего усилия кабеля марки ОГЦ-24А-7

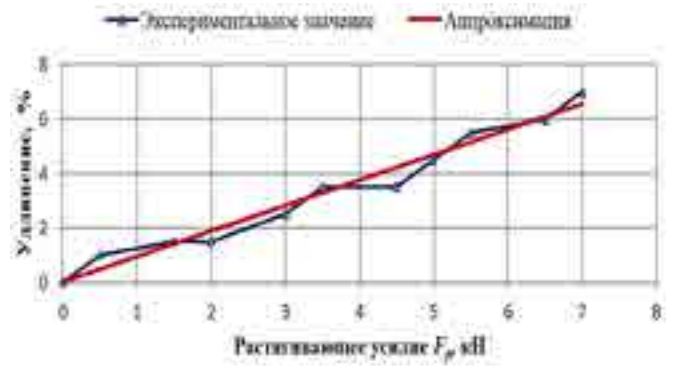


Рис. 7. Зависимость удлинения от растягивающего усилия кабеля марки ОГЦ-24А-7

Таблица 5

**Испытание на растяжение
кабеля марки ОГЦ-4А-20**

Растягивающее усилие (F_p), кН	Затухание (α), дБ/км	Удлинение (Δl), %
0,0	0,185	0,00
1,0	0,190	1,50
2,5	0,194	2,00
4,5	0,195	3,00
7,0	0,200	4,50
9,0	0,205	4,50
11,5	0,205	5,50
14,5	0,212	6,00
17,0	0,215	7,50
18,5	0,219	8,00
20,0	0,220	9,00

Таблица 6

**Испытание на растяжение
кабеля марки ОГЦ-12А-20**

Растягивающее усилие (F_p), кН	Затухание (α), дБ/км	Удлинение (Δl), %
0,0	0,188	0,00
1,5	0,190	1,00
3,5	0,192	3,00
5,0	0,195	4,50
7,5	0,196	4,50
10,0	0,199	5,50
12,5	0,201	6,50
14,5	0,205	7,50
17,5	0,210	9,00
19,0	0,220	10,00
20,0	0,225	11,00

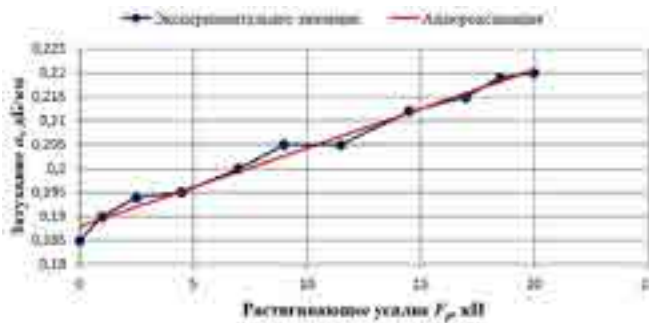


Рис. 8. Зависимость затухания от растягивающего усилия кабеля марки ОГЦ-4А-20

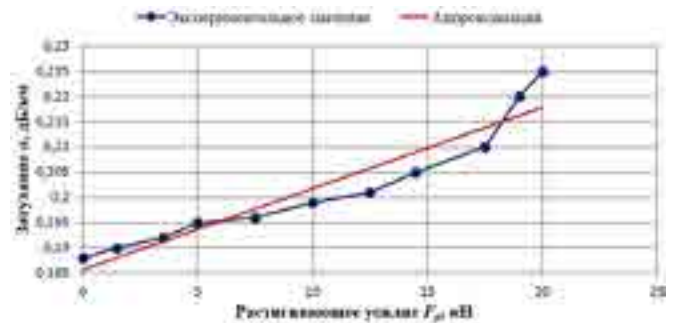


Рис. 9. Зависимость затухания от растягивающего усилия для кабеля марки ОГЦ-4А-20

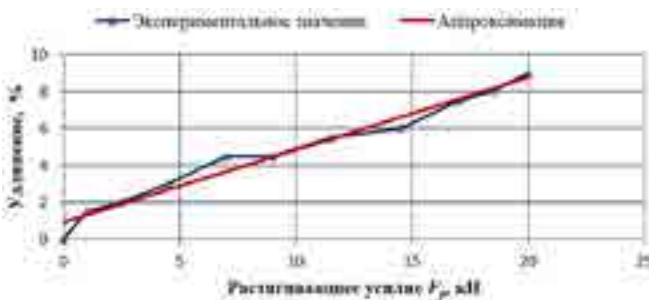


Рис. 10. Зависимость удлинения кабеля марки ОГЦ-4А-20 от растягивающего усилия

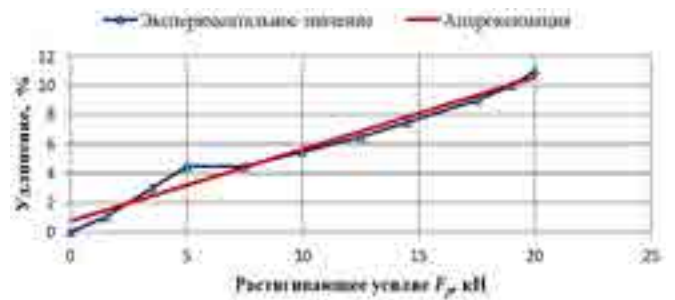


Рис. 11. Зависимость удлинения кабеля марки ОГЦ-12А-20 от растягивающего усилия

Анализ полученных данных показал линейный характер зависимости изменения затухания (α) от растягивающего усилия (F_p) для кабелей марок ОГЦ-8А-7, ОГЦ-16А-7, ОГЦ-24А-7, ОГЦ-4А-20, ОГЦ-12А-20. Метод линейной регрессии позволяет построить прямолинейную зависимость, максимально соответствующую ряду упорядоченных пар (α и F_p). Уравнение для прямой линии, известное как линейное уравнение, представлено ниже [2]:

$$\alpha = x + y F_p, (1)$$

где x и y – коэффициенты регрессии.

Марки кабелей	Уравнение регрессии
ОГЦ-8А-7	$\alpha = 0,1845 + 0,0023 F_p$
ОГЦ-16А-7	$\alpha = 0,1937 + 0,0025 F_p$
ОГЦ-24А-7	$\alpha = 0,1961 + 0,0028 F_p$
ОГЦ-4А-20	$\alpha = 0,1879 + 0,0016 F_p$
ОГЦ-12А-20	$\alpha = 0,1857 + 0,0017 F_p$

Проведенные испытания показали, что рассматриваемый кабель выдерживает регламентированные механические нагрузки в части допустимого растягивающего усилия. При этом затухание сигнала в ОВ находится в пределах установленных требований, а именно 20 дБ/км. Воздей-

ствии механических нагрузок приводит к росту затухания за установленные пределы, превышение механических нагрузок сверх допустимых значений приводит к увеличению затухания до значений, превышающих установленные требования. Аналогичные результаты получены ранее при исследовании зависимостей уровней затухания сигнала в ОВ от тепловых и механических нагрузок подвесных ОК [3].

Проведенные испытания подтвердили регламентированные в ТУ 3587-001-58743450-2005 для кабелей, исследованных марок, требования к растягивающему усилию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боев М.А., Йе Чжо Мин. Климатические и механические параметры оптических кабелей, предназначенные для эксплуатации в земле в тропическом климате // 22-я Международная научно-техническая конференция «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика», 25–26 февраля 2016 г. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. – Т. 2. – С. 35.
2. Боев М.А., Зин Мин Латт. Современные конструкции внутри объектовых оптических кабелей для широкополосного доступа // Кабели и провода. – 2016. – № 5 (360). – С. 31–36.
3. Боев М. А., Маунг Эй. Кратковременная механическая прочность подвесных оптических кабелей // Кабели и провода. – 2015. – № 4 (353). – С. 22–26.



ОАО «НП «ПОДОЛЬСККАБЕЛЬ»
РФ, МО, г. Подольск, ул. Бронницкая, 11
+7 800 302-78-83, +7 495 502-78-83
office@podolskkabel.ru
WWW.PODOLSKKABEL.RU



Кабель без опасности
СОВМЕСТНАЯ ИНИЦИАТИВА



ЧЕСТНАЯ ПОЗИЦИЯ

КАЧЕСТВО, ПОДТВЕРЖДЁННОЕ ВРЕМЕНЕМ!

Изготавливаем **КАБЕЛИ**
ПРОВОДА

СИЛОВЫЕ
КОНТРОЛЬНЫЕ
УПРАВЛЕНИЯ
МАЛОГАБАРИТНЫЕ
РАДИОЧАСТОТНЫЕ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
МОНТАЖНЫЕ
УСТАНОВОЧНЫЕ

Вся продукция сертифицирована в соответствии с требованиями ГОСТ Р и системой пожарной безопасности.