

О. В. Бондаренко, д.т.н., професор, проректор з навчальної роботи,
Д. М. Степанов, к.т.н. доцент,
Д. Г. Багачук, к.т.н., доцент кафедри волоконно-оптичних ліній зв'язку,
В. І. Тіхонов, д.т.н., доцент, професор кафедри інформаційних мереж зв'язку,
О. О. Вербицький, аспірант
 Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова
 вул. Кузнечна, 1, м. Одеса, 65029, Україна
 e-mail: vols@onat.edu.ua

МЕТОДИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СТІЙКОСТІ ПІДЗЕМНИХ ОПТИЧНИХ КАБЕЛІВ ДО РОЗТЯГУВАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

У статті розроблено методику забезпечення конструктивної стійкості підземних оптичних кабелів до розтягувальних навантажень, яке приймають на себе центральний силовий елемент (ЦСЕ) зі сталевого дроту або склопластикового стрижня та периферійний одношаровий або багатшаровий силовий елемент (ПСЕ) зі сталевого дроту чи склопластикового стрижня або арамідних ниток «Тварон». Методика призначена для розрахунку та оцінювання стійкості оптичних кабелів до сил розтягу в межах максимально допустимої деформації. Проведені розрахунки показали, що в умовах незначного видовження кабелю (до 0,5 %) для отримання більшого значення допустимих розтягувальних навантажень F_d доцільно використовувати як ЦСЕ сталевий дріт, а як ПСЕ – арамідні нитки «Тварон» типу D-2200 з більшою лінійною густиною, що в комбінації з ПСЕ дає можливість досягти значення розтягувального зусилля 5140 Н, яке значно більше, ніж використання як ЦСЕ склопластикових стрижнів.

Ключові слова: конструкція оптичного кабелю, силові елементи, розтягувальне навантаження, деформація, металевий дріт, склопластиковий стрижень, арамідні нитки.

Введення в проблему. Питання розробки конструкцій оптичних кабелів (ОК) в Україні досліджені не повною мірою. Одним із недоліків конструювання ОК є відсутність в Україні керівних нормативних документів, що регламентують розробку конструкцій кабелю та, в першу чергу, його механічної міцності.

Методика розрахунку механічної міцності ОК передбачає, в свою чергу, визначення його допустимого розтягувального зусилля.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка інженерної методики забезпечення стійкості ОК до розтягувальних навантажень, що унеможливило зміни характеристик оптичних волокон (ОВ) під час будівництва кабельних трас та усього терміну експлуатації кабелю.

Вирішення поставленої задачі. Величина допустимого розтягувального навантаження, яке забезпечено конструкцією ОК, що складається із n елементів, визначається виразом [1]:

$$F_d = \sum_{i=1}^n E_i S_i \varepsilon_{mk}, \quad (1)$$

де F_d – допустиме розтягувальне навантаження ОК, Н; E_i – модуль Юнга i -го елемента ОК, МПа; S_i – площа поперечного перерізу i -го елемента ОК, мм²; ε_{mk} – максимальне допустиме видовження ОК, %.

Різні конструкції ОК можуть забезпечувати допустимі розтягувальні навантаження завдяки центральному силовому елементу (ЦСЕ), периферійному силовому елементу (ПСЕ) або їх комбінації [1].

Як матеріали силових елементів (СЕ) ОК, як правило, використовують сталевий дріт, склопластикові прутки й арамідні нитки.

Розтягувальні навантаження, які можуть забезпечити решта елементів ОК, є незначними. Тому їх сумарне значення враховується, як правило, як технологічний запас конструкції ОК по розтягувальних навантаженнях.

Тому F_d визначається виразом [1]:

$$F_d = F_{\text{ЦСЕ}} + F_{\text{ПСЕ}}, \quad (2)$$

де $F_{\text{ЦСЕ}}$ – розтягувальне навантаження, яке забезпечується ЦСЕ – сталевим дротом або

склопластиковим стрижнем, Н; $F_{\text{ПСЕ}}$ – розтягувальне навантаження, яке забезпечується ПСЕ – арамідними нитками, склопластиковими прутками або сталевим дротом, Н.

Розглянемо забезпечення конструкцією ОК розтягувального навантаження силовими елементами з різних матеріалів, виходячи з досягнення кабелем граничного видовження,

яке може виникнути під час його прокладення та експлуатації.

Як приклади використаємо ОК з різними силовими елементами (рис. 1) [2]. Для цього при розрахунках F_d його складові з виразу (2) визначаються залежно від їх матеріалу, площі поперечного перерізу СЕ та $\epsilon_{\text{МК}}$.

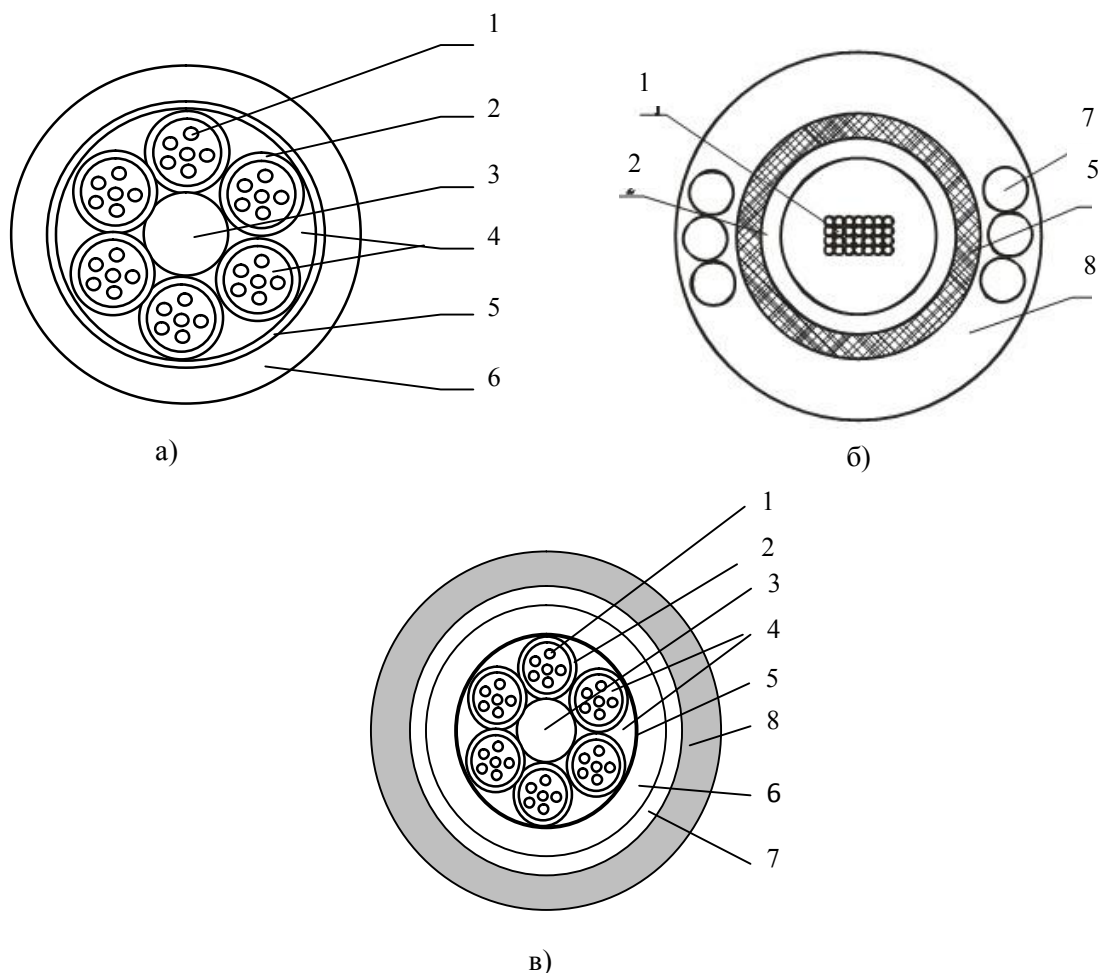


Рис. 1. Модульні конструкції ОК з:

а) центральним, б) периферійним і в) центральним та периферійним силовими елементами: 1 – ОВ; 2 – трубка модуля; 3 – центральний силовий елемент; 4 – гідрофобні компаунди; 5 – скріплювальна плівка; 6 – проміжна оболонка; 7 – периферійний силовий елемент; 8 – захисний шланг

У зв'язку з викладеним вище розглянемо метод розрахунку розтягувальних навантажень, які приймають на себе СЕ ОК із різних матеріалів.

Як правило, критерієм розрахунку розтягувального навантаження ОК вважається досягнення його конструкцією максимального видовження (деформації) $\epsilon_{\text{МК}}$, при якому ОВ втрачають свободу переміщення в трубці оптичного модуля або пазі профільованого осердя та видовжуються до певної допустимої ве-

личини $\epsilon_{\text{дОВ}}$. Згідно з [1, 3] $\epsilon_{\text{МК}}$ визначається за виразом

$$\epsilon_{\text{МК}} = \epsilon_{\text{к}} + \epsilon_{\text{дОВ}}, \quad (3)$$

де $\epsilon_{\text{к}}$ – допустиме видовження ОК, при якому ОВ не підлягає механічному навантаженню, %; $\epsilon_{\text{дОВ}}$ – допустиме видовження ОВ, %.

Залежно від конструкції ОК величина $\epsilon_{\text{МК}}$ становить від 0,25 до 1 %.

При цьому в роботі прийняті такі припущення:

- сталевий дріт працює в межах пружної деформації матеріалу, що не перевищують межу найбільшого напруження металу, при якому справедливий закон Гука;
- склопластикові стрижні працюють у межах пружної деформації;
- відносне видовження повзучості арамідних ниток в розрахунку розтягувального навантаження ПСЕ не враховується;
- додаткові напруги розтягу сталевих дроту та склопластикового стрижня і стискування арамідних ниток незначні.

Останнє припущення є справедливим, тому що дослідження ведуться для підземних ОК, які експлуатуються в умовах незначної зміни річної температури від -2 до $+18^{\circ}\text{C}$ [4] в землі, кабельній каналізації, лотках колекторів.

Розтягувальне навантаження, яке забезпечує сталевий дріт. Для розрахунку механічної міцності до розтягу СЕ зі сталевих дроту необхідно знати межу пропорційності напруження сталі $\sigma_{\text{ст}}^{\text{п}}$ при розтягненні дроту. Цей параметр знаходиться за виразом [5]:

$$\sigma_{\text{ст}}^{\text{п}} = 0,5 \cdot \sigma_{\text{ст}}^{\text{р}}, \quad (4)$$

де $\sigma_{\text{ст}}^{\text{п}}$ – напруження матеріалу на межі пропорційності сталі при розтягненні дроту, кгс/мм^2 ;

$\sigma_{\text{ст}}^{\text{р}}$ – розривна міцність дроту, кгс/мм^2 .

Як відомо, дріт, крім цієї межі, має межу плинності $\sigma_{\text{ст}}^{\text{т}}$, після якої його властивості змінюються, тобто він стає пластичним та має залишкову деформацію, при якій захищати конструкцію ОК від розтягувальних зусиль стає неможливим.

Для забезпечення стійкості кабелю до розтягування необхідно переглядати роботу його елементів у межах дотримання закону Гука, в області пружної деформації.

Напруження матеріалу дроту при розтязі на межі пропорційності сталі визначається за законом Гука з виразу

$$\sigma_{\text{ст}}^{\text{п}} = E \cdot \varepsilon_{\text{ст}}^{\text{п}}, \quad (5)$$

де $\sigma_{\text{ст}}^{\text{п}}$ – напруження матеріалу на межі пропорційності сталі при розтягненні, кгс/мм^2 ;

$\varepsilon_{\text{ст}}^{\text{п}}$ – видовження дроту на межі пропорційності, %;

$E = 200 \text{ ГПа}$ – модуль пружності дроту при розтягненні (1-го роду) [5–7].

Розтягувальне навантаження, яке забезпечується одним дротом при видовженні ОК, визначається як

$$F_{\text{д}} = \sigma_{\text{ст}}^{\text{п}} \cdot S_{\text{др}}, \quad (6)$$

де $F_{\text{д}}$ – розтягувальне навантаження, яке забезпечується дротом при видовженні ОК, Н;

$\sigma_{\text{ст}}^{\text{п}}$ – напруження матеріалу на межі пропорційності сталі при розтягненні дроту, кгс/мм^2 ;

$S_{\text{др}}$ – площа поперечного перерізу одного сталевих дроту, мм^2 .

$$S_{\text{др}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{др}}^2}{4}, \quad (7)$$

де $S_{\text{др}}$ – площа поперечного перерізу одного сталевих дроту, мм^2 ;

$d_{\text{др}}^2$ – діаметр дроту, мм.

Розтягувальне навантаження, яке забезпечує склопластиковий стрижень. Розрахунок розтягувального навантаження СЕ зі склопластикового стрижня $F_{\text{сп}}$ проводиться, виходячи також із заданого досягнення оптичним кабелем граничного видовження $\varepsilon_{\text{мк}}$.

Навантаження, яке забезпечується склопластиковим стрижнем ЦСЕ ($F_{\text{сп}}$) при видовженні кабелю на величину $\varepsilon_{\text{мк}}$, може визначатися за формулою [8]

$$F_{\text{сп}} = \frac{\varepsilon_{\text{мк}}}{\varepsilon_{\text{сп}}^{\text{р}}} \cdot F_{\text{сп}}^{\text{р}}, \quad (8)$$

де $\varepsilon_{\text{сп}}^{\text{р}}$ – видовження склопластикового стрижня при розриві, %;

$F_{\text{сп}}^{\text{р}}$ – навантаження при розриві склопластикового стрижня, Н.

Згідно з [1, 4, 5] $F_{\text{сп}}^{\text{р}}$ визначається за виразом

$$F_{\text{сп}}^{\text{р}} = S_{\text{сп}} \cdot \sigma_{\text{сп}}^{\text{р}}, \quad (9)$$

де $S_{\text{сп}}$ – площа поперечного перерізу склопластикового стрижня, мм^2 ;

$\sigma_{\text{сп}}^{\text{р}}$ – межа міцності при розтягуванні склопластикового стрижня до розриву (розривна міцність), МПа.

В нормативній документації на склопластикові стрижні $\varepsilon_{\text{сп}}^{\text{р}}$ різних фірм становить від 2,5 до 3 %, а величина $\sigma_{\text{сп}}^{\text{р}}$ – від 900 до 1500 МПа [2, 5].

Розтягувальне навантаження, яке забезпечують n сталевих дротів чи склопластикових стрижнів. Конструкції периферій-

них силових елементів можуть реалізовуватися на основі певної кількості сталевих дротів або склопластикових стрижнів.

При наявності в конструкції ОК ПСЕ із n сталевих дротів або склопластикових стрижнів, розташованих концентрично, розрахунок $F_{\text{ПСЕ}}$ виконується за виразом [4, 8]

$$F_{\text{ПСЕ}(\text{ст})} = \frac{n \cdot F_{\text{ст}}}{\sin \beta_1}, \quad (10)$$

де $F_{\text{ПСЕ}(\text{ст})}$ – розтягувальне навантаження одноповивного ПСЕ, Н; n – кількість сталевих дротів або склопластикових стрижнів, шт; β_1 – кут скручування сталевих дротів або склопластикових стрижнів, град.

Цей кут скручування визначається за виразом [1, 5]

$$\beta_1 = \arctg \frac{h_1}{2\pi R_1}, \quad (11)$$

де h_1 – крок скручування дротів або склопластикових стрижнів, мм; R_1 – радіус скручування дротів або склопластикових стрижнів, мм.

При наявності в конструкції ПСЕ кількох повивів склопластикових стрижнів їх сумарне розтягувальне навантаження $F_{\Sigma \text{ПСЕ}(\text{ст})}$

визначається за виразом

$$F_{\Sigma \text{ПСЕ}(\text{ст})} = \sum_{i=1}^m \frac{n_i \cdot F_{\text{ст}}^{(i)}}{\sin \beta_i}, \quad (12)$$

де $F_{\text{ст}}^{(i)}$ – розтягувальне навантаження дротів або склопластикового стрижня i -го повиву, Н; n_i – кількість дротів або стрижнів в i -му повиві; β_i – кут скручування склопластикових стрижнів i -го повиву.

Розтягувальне навантаження, яке забезпечують синтетичні волокна в силовому елементі. Розглянемо розтягувальне навантаження, яке забезпечують арамідні нитки в силовому елементі.

Для розрахунку розтягувального навантаження ПСЕ ($F_{\text{ПСЕ}(H)}$), яке забезпечується за допомогою арамідних ниток, необхідно знати площу арамідних ниток повиву, які використовуються в кабелі, значення їх модуля Юнга і максимальне допустиме видовження кабелю. Тоді $F_{\text{ПСЕ}(H)}$ буде дорівнювати [8–10]

$$F_{\text{ПСЕ}(H)} = E \cdot S_n \cdot \varepsilon_{\text{МК}}, \quad (13)$$

де $F_{\text{ПСЕ}(H)}$ – розтягувальне зусилля, яке забезпечують арамідні нитки повиву, Н; E – модуль Юнга арамідних ниток, МПа; S_n – площа ниток, мм²; $\varepsilon_{\text{МК}}$ – максимальне видовження (деформація).

Площа ниток визначається за формулою

$$S_n = \frac{LD}{\rho} \cdot n \cdot 10^{-4}, \quad (14)$$

де S_n – площа ниток, мм²; LD – лінійна густина однієї нитки, дтекс; ρ – густина арамідних ниток, г/см³; n – кількість арамідних ниток у повиві, шт.

Розтягувальне навантаження, яке забезпечують n ниток повиву, накладені на осердя ОК під кутом β_1 , визначаються виразом

$$F_{\text{ПСЕ}(H)\beta_1} = \frac{F_{\text{ПСЕ}(H)}}{\beta_1}, \quad (15)$$

де $F_{\text{ПСЕ}(H)}$ – розтягувальне зусилля, яке забезпечують арамідні нитки повиву, Н; β_1 – кут скручування ниток, град.

При наявності в ПСЕ кількох повивів ниток сумарне розтягувальне навантаження $F_{\Sigma \text{ПСЕ}(H)}$ визначається за виразом

$$F_{\Sigma \text{ПСЕ}(H)} = \sum_{i=1}^m \frac{F_{\text{ПСЕ}(H)i}}{\sin \beta_i}, \quad (16)$$

де $F_{\text{ПСЕ}(H)i}$ – розтягувальне навантаження ниток i -го повиву ПСЕ, Н; β_i – кут скручування арамідних ниток i -го повиву, град; m – кількість повивів у ПСЕ.

У роботі як два приклади було визначено розтягувальні навантаження, які забезпечуються центральним та периферійним силовими елементами в конструкції ОК, зображених на рис. 1, в.

У першому варіанті конструкції кабелю взято ЦСЕ зі сталевого дроту, діаметр якого дорівнює 2 мм, і одноповивного ПСЕ з шести арамідних ниток типу «Тварон» D2200-8050. Для обчислення F_d , $F_{\text{ЦСЕ}}$, $F_{\text{ПСЕ}}$ були використані вирази, відповідно, F_d – (2); $F_{\text{ЦСЕ}}$ – (5)...(7); $F_{\text{ПСЕ}}$ – (13)...(15).

Розрахунки F_d , $F_{\text{ЦСЕ}}$, $F_{\text{ПСЕ}}$ виконані при $\varepsilon_{\text{МК}}$ 0,1; 0,3; 0,5 %. Результати розрахунків $F_{\text{ЦСЕ}}$, $F_{\text{ПСЕ}}$, F_d зведені в табл. 1.

У другому варіанті конструкції кабелю взято ЦСЕ зі склопластикового стрижня типу «Neptco» діаметром 2 мм. Як ПСЕ розглянемо шість арамідних ниток типу «Тварон»

D2200-2420. Для обчислення розтягувальних зусиль F_d , $F_{\text{ЦСЕ}}$, $F_{\text{ПСЕ}}$, які спроможна витримувати така конструкція кабелю, використані ті самі вирази.

Розрахунки F_d , $F_{\text{ЦСЕ}}$, $F_{\text{ПСЕ}}$ виконані при $\epsilon_{\text{МК}}$ 0,1, 0,2, 0,3 та 0,5 %. Результати розрахунків $F_{\text{ЦСЕ}}$, $F_{\text{ПСЕ}}$, F_d зведені в табл. 2.

Таблиця 1

Результати розрахунків розтягувальних навантажень (Н) $F_{\text{ЦСЕ}}$, $F_{\text{ПСЕ}}$, F_d ОК залежно від видовження кабелю (%)

Силовий елемент	Розтягувальне навантаження (Н) при видовженні кабелю, %			
	0,1	0,2	0,3	0,5
Центральний (зі сталі)	628	1256	1884	3140
Периферійний	375	751	1126	2000
Комбінований	1003	2007	3010	5140

Таблиця 2

Результати розрахунків розтягувальних навантажень (Н) $F_{\text{ЦСЕ}}$, $F_{\text{ПСЕ}}$, F_d на ЦСЕ залежно від видовження кабелю (%)

Силовий елемент	Розтягувальне навантаження (Н) при видовженні кабелю, %			
	0,1	0,2	0,3	0,5
Центральний (зі склопластика)	157	314	471	800
Периферійний	234	468	702	1200
Комбінований	391	782	1173	2000

Проведені розрахунки показали, що в умовах незначного видовження кабелю (до 0,5 %) для отримання більшого значення F_d доцільно використовувати як ЦСЕ сталевий дріт, а як ПСЕ – арамідні нитки «Тварон» типу D-2200 з більшою лінійною густиною, що в комбінації з ПСЕ дає можливість досягти значення розтягувального зусилля 5140 Н, яке значно більше, ніж використання як ЦСЕ склопластикових стрижнів.

Оскільки застосування сталевго дроту має певні обмеження, то при подовженні кабелю більше 0,5 % потрібно застосовувати як ЦСЕ склопластикові стрижні.

Висновки:

1. У статті розроблено методику забезпечення конструктивної стійкості підземних оптичних кабелів до розтягувальних навантажень, яке приймають на себе центральний силовий елемент зі сталевго дроту або склопластикового стрижня та периферійний одношаровий або багатошаровий силовий елемент зі сталевго дроту чи склопластикового стрижня або арамідних ниток «Тварон».

2. Представлена методика забезпечення конструктивної стійкості підземних ОК до розтягувальних навантажень може бути використана при розробці нормативного документа по конструюванню механічної міцності кабелів.

Список літератури

1. Волоконно-оптические кабели. Теоретические основы, конструирование и расчет, технология производства и эксплуатация : [монография / Иоргачев Д. В., Бондаренко О. В., Дашенко А. Ф., Усов А. В. и др.]. – Одесса : Астропринт, 2000. – 536 с. – ISBN 966-549-542-9.
2. Кабелі зв'язку оптичні для магістральних, зонових та міських мереж зв'язку. Технічні умови. ТУ-У 05758730.007-97: 1997. – [Чинні від 1997-12-10]. – Одеса : УПУ Держстандарту, Одеський центр стандартизації і метрології, 1997. – 69 с. – (Технічні умови ВАТ «Одескабель»).
3. Мальке Г. Волоконно-оптические кабели: Основы проектирования кабелей, планирование систем / Г. Мальке, П. Гессинг. – Новосибирск : Издатель, 1997. – 264 с.
4. Гроднев И. И. Линейные сооружения связи / И. И. Гроднев, Н. Д. Курбатов. – М. : Связь, 1974. – 544 с.
5. Захарченко М. В. Вплив конструкції оптичного кабелю на стабільність параметрів передавання / М. В. Захарченко, О. В. Бондаренко // Східно-Європейський журнал передових

- технологій системи управління. – 2009. – Вип. 4/11 (40). – С. 31–34.
6. Ларин Ю. Т. Кабели оптические. Заводы изготовители. Общие сведения. Конструкции, оборудование, техническая документация, сертификаты / Ларин Ю. Т., Ильин А. А., Нестерко В. А. – М. : Престиж, 2007. – 320 с.
 7. Ларин Ю. Т. Оптические кабели: методы расчета конструкции. Материалы. Надежность и стойкость к ионизированному излучению / Ю. Т. Ларин. – М. : Престиж, 2006. – 190 с.
 8. Бондаренко О. В. Розробка методу розрахунку стійкості діелектричних оптичних кабелів до розтягуючих навантажень / О. В. Бондаренко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – 2009. – Вип. 17 (148). – С. 64–68. – (Серія «Обчислювальна техніка та автоматизація»).
 9. Бондаренко О. В. Выбор конструкции самонесущего оптического кабеля по растягивающим нагрузкам / О. В. Бондаренко, Д. В. Иоргачев, Л. Л. Мурадян // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2001. – Вип. 1. – С. 18–21.
 10. Мурадян Л. А. Аprobация методики расчета конструкции СОК по растягивающим усилиям / Л. А. Мурадян // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – Одеса, 2007. – Вип. 1. – С. 158–160.
 3. Malke, G. and Gessing, P. (1997) Fiber-optic cables: Cables design fundamentals, system planning, Novosibirsk: Izdatel, 264 p. [in Russian].
 4. Grodnev, I. I. and Kurbatov, N. D. (1974) Linear constructions of communication. Moscow: Sviaz, 544 p. [in Russian].
 5. Zakharchenko, M. V. and Bondarenko, O. V. (2009) The influence of optical cable design on transmission parameters stability. *Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii systemy upravlinnia*, 4/11 (40), pp. 31–34 [in Ukrainian].
 6. Larin, Yu. T., Ilyin, A. A. and Nesterko, V. A. (2007) Optic cables. Enterprises-manufactures. General information. Construction, equipment, technical documentation, certificates. Moscow: Prestizh, 320 p. [in Russian].
 7. Larin, Yu. T. (2006) Optical cables: methods of construction analysis. Materials. Reliability and resistance to ionizing radiation. Moscow: Prestizh, 190 p. [in Russian].
 8. Bondarenko, O. V. (2009) Development of the method for calculation of the resistance of dielectric optical cables to tensile stress. *Naukovi pratsi Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Seriya: "Obchysliuvalna tekhnika ta avtomatyzatsiia"*. Donetsk, 17(148), pp. 64–68 [in Ukrainian].
 9. Bondarenko, O. V., Iorgachev, D. V. and Muradian, L. L. (2001) The choice of the design of self-supporting optical cable for tensile loads. *Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoi apparature*, No. 1, pp. 18–21 [in Russian].
 10. Muradian, L. A. (2007) Testing of the methodology for calculating SOC construction for tensile forces. *Naukovi pratsi ONAZ im. O. S. Popova*. Odesa, (1), pp. 158–160 [in Russian].

References

O. V. Bondarenko, *D.Tech.Sc., professor, vice-rector on education,*
D. M. Stepanov, *Ph.D., associate professor, assistant professor of the department*
of fiber-optic communication lines,
D. H. Bahachuk, *Ph.D., associate professor of the department of fiber-optic communication lines,*
V. I. Tikhonov, *D.Tech.Sc., associate professor, professor of information networks department*
O. O. Verbytskyi, *postgraduate*
Odesa National Academy of Telecommunications named by O. S. Popov
Kuznechna str., 1, Odesa, 65029, Ukraine
e-mail: vols@onat.edu.ua

THE METHOD FOR PROVIDING CONSTRUCTIVE STABILITY OF UNDERGROUND OPTICAL CABLES TO TENSILE STRESSES

The development of optical cables constructions is not investigated fully in Ukraine. One of the drawbacks in OC construction in Ukraine consists in the lack of governing regulations, that regulate the development of cable constructions, especially its mechanical strength. The method for calculation of OC mechanical strength involves, in its turn, the determination of its permissible tensile force.

The research aims at the development of engineering technique to ensure OC sustainability to tensile stresses, making the changes of optical fiber characteristics during construction of cable lines and entire cable lifetime impossible.

In this paper the method for providing constructive stability of underground optical cables (OC) to tensile stresses, which is taken by central power element from steel wire or fiberglass rod and peripheral one-layer or multilayer power element from steel wire or fiberglass rod or aramid threads "Twaron", is developed. The method is designed to calculate and assess the stability of optical cables to tensile stresses within the maximum deformation. The calculations have shown that in the conditions of cable slight lengthening (to 0.5%) in order to obtain greater value of tensile forces F_d it is expedient to use steel wire as a central power element (CPE), as well as aramid threads «Twaron» of D- 2200 type with greater linear density should be used as a peripheral power element (PPE). This enables in combination with PPE to achieve tensile force value 5140 N, that is much bigger than the use of fiberglass rods as CPE.

Since the use of steel wire has certain limitations, then it is necessary to use fiberglass rods as CPE at cable lengthening more than 0.5%.

The given method for providing constructive stability of underground OC to tensile stresses can be used in the development of normative documents on designing of cable mechanical strength.

Keywords: *optical cable construction, power elements, tensile stress, deformation, metal wire, fiber glass rod, aramid threads.*

Статтю представляє О. В. Бондаренко, д.т.н., професор, Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова.