

УДК 535.317.2

Гордієнко Сергій Борисович

Кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Навчально-наукового інституту інформаційної безпеки, Національна академія Служби безпеки України, Київ

Манько Олександр Олексійович

Доктор технічних наук, професор Одеської національної академії зв'язку ім.О.С. Попова, Одеська національна академія зв'язку ім.О.С. Попова, Київ

Манько Володимир Олександрович

Кандидат технічних наук, інженер I-ї категорії, Київстар GSM, Київ

Скубак Олександр Миколайович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Навчально-наукового інституту інформаційної безпеки, Національна академія Служби безпеки України, Київ

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОПТИЧНИХ КАБЕЛІВ
НА ЛІНІЙНИХ СПОРУДАХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ**

***Анотація.** Розглянуто вимоги до надійності волоконно-оптичних ліній зв'язку при застосуванні технологій передавання, що використовують спектральне розділення каналів. Показано, що застосування таких технологій накладає підвищені вимоги до надійності оптичного волокна у складі оптичного кабелю. Причиною є значне підвищення інформаційно-пропускної здатності лінії та відповідно втрат інформації у випадку аварійних ситуацій. Наведено розрахунки, результати яких підтверджують залежність часу життя оптичного волокна від натягу після прокладання. Надано рекомендації, згідно з якими пропонується для прокладання оптичного кабелю переважно застосовувати метод задування кабелю в поліетиленову трубу. Це дозволить набагато зменшити навантаження на кабель під час прокладання та уникнути надмірних навантажень на волокно. Проведене дослідження залежності часу життя оптичного волокна від вигину. Запропоновано метод розрахунку відносного видовження оптичного волокна в залежності від радіуса вигину. Надані рекомендації з вибору радіуса вигину волокна при проектуванні оптичних мереж з метою підвищення їх надійності. Розроблено метод індикації доступу до оптичної муфти.*

***Ключові слова:** оптичне волокно; натяг; радіус вигину; надійність; час життя*

Вступ

Серед основних параметрів систем зв'язку важливе місце посідає їх надійність [1; 2]. При цьому загальна надійність визначається як надійністю станційного обладнання, так і надійністю лінійно-кабельних споруд. Щодо станційного обладнання, то проблеми його надійності певною мірою можна вважати вирішеними за рахунок дублювання найважливіших вузлів та блоків [2]. У той же час проблеми надійності лінійних споруд потребують подальшого вирішення. В тому числі і проблеми, викликані можливістю зовнішнього втручання, а саме – несанкціонованого доступу до лінійно-кабельних споруд. Враховуючи той факт, що інформаційно-пропускна здатність оптичних волокон збільшується, зростають і штрафні санкції, викликані відмовами при передаванні інформаційного потоку. Так, наприклад, інформаційно-пропускна здатність оптичних волокон в системах зі спектральним розділенням

каналів перевищує на цей час 1 Тбіт/с [3], що підкреслює важливість поставлених завдань. Таким чином має місце комплексна проблема підвищення надійності лінійно-кабельних споруд та їх конструктивних елементів, таких, зокрема, як оптичних волокон. Крім того, бажано провести оцінку надійності оптичних ліній на етапі проектування для проведення попередніх заходів щодо її підвищення.

**Аналіз останніх досліджень
та публікацій**

Окремі питання оцінки надійності оптичного волокна були проведені в роботі [4], де був запропонований певний метод, але не проведено розрахунків надійності оптичних лінійних трактів. При цьому враховувалась тільки деформація за осьовим натягом оптичного волокна. Інші види деформацій не враховувались.

Питання, що потребують вирішення та постановка задачі

На сьогодні відомі розробки нових типів оптичних волокон (ОВ), які призначені підтримувати сучасні технології волоконно-оптичного зв'язку. Зокрема до цих типів належать оптичні волокна, що відповідають Рекомендації ІТУ-Т (МСЕ-Т) G.657 [5]. Вони являють собою оптичні волокна зі зменшеними втратами на малих радіусах вигину і призначені для монтажу оптичного обладнання в обмеженому просторі – в будівлях та розподільних шафах, а також при малому розмірі муфт та оптичних розподільних боксів. Волокна розподілені на категорії A1, A2, B2, B3. При цьому ОВ типу G.657 A1, A2 застосовують в різних аспектах мереж доступу, як такі, що забезпечують вигин з радіусом не нижче 10 мм. У той же час ОВ типу G.657 B2, B3 призначені для мереж доступу як такі, що забезпечують вигин з радіусом не нижче 7,5 мм. Такий невеликий допустимий радіус вигину призводить до порівняно значних деформацій оптичного волокна та до виникнення механічних напруг в ньому. При цьому деформації оптичного волокна та механічні напруги є причиною появи в ньому мікротріщин та повільного збільшення їх розмірів, що в результаті викликає повний розрив волокна [3]. Таким чином, надійність та довговічність оптичного волокна залежить від його деформації вигину, яка однозначно пов'язана з механічним напруженням в ньому та відповідно з надійністю та часом функціонування волокна. Враховуючи необхідність виконання вигинів оптичного волокна під час монтажу оптичних муфт, оптичних боксів та прокладання його всередині приміщень, необхідно провести оцінку його надійності залежно від радіуса вигину та надати необхідні рекомендації щодо його обмежень. У процесі проектування конструкцій оптичного кабелю також необхідно оцінити вплив вигинів ОВ на надійність кабелю.

На додаток до цього, надійність побудованих оптичних ліній зв'язку визначається захистом лінійних споруд від несанкціонованого доступу, зокрема від несанкціонованого доступу до таких елементів, як оптичні муфти. Результатом цього може бути пошкодження оптичних волокон та необхідність проведення аварійно-відновлювальних робіт. Таким чином, при побудові лінійних споруд необхідно передбачити можливість індикації спроб несанкціонованого доступу до оптичних муфт.

Виклад основного матеріалу Вплив натягу оптичного волокна на його надійність

Як показують результати досліджень, надійність оптичного волокна, що описується ймовірністю його відмови, залежить від навантаження, яке діяло на нього, а також від постійно діючого в процесі експлуатації навантаження на оптичне волокно [4]. Згідно з [4], надійність та безвідмовність оптичного волокна, що знаходиться під натягом, визначається теорією росту мікротріщин, які наявні у волокні. Враховуючи це, все волокно при виготовленні проходить випробування на натяг для виявлення тріщин та інших пошкоджень. Цей тест називається Proof test (випробування на міцність), і означає що волокно підлягає певному натягу протягом приблизно однієї секунди [6]. При цьому тріщини у волокні можуть викликати його відмову (обрив). В даній роботі було розглянуто передбачення відмов великих довжин ОВ, які базуються на результатах випробувань ОВ на міцність. ОВ, що міститься в оптичному кабелі (ОК), постійно перебуває під певним натягом, і це є однією з важливих причин, які призводять до його відмов під час експлуатації. Рівень натягу визначається конструкцією ОК та розміщенням і положенням ОВ, як елемента конструкції. Властивості відмов скляного ОВ, що знаходиться під натягом, визначаються за допомогою теорії розмноження та розповсюдження тріщин. Положення цієї теорії дозволяють визначити взаємозв'язок між прикладеним навантаженням в часі та ймовірністю відмови ОВ. При цьому повинні бути враховані такі параметри, як характеристики росту тріщини n , та фактор критичного навантаження. Згідно з нею, сумарна ймовірність відмов F оптичного волокна довжиною L , що знаходиться під натягом σ , надається виразом:

$$F = 1 - \exp[-LN(\sigma)],$$

де $N(\sigma)$ – сукупна кількість тріщин на одиницю довжини при міцності на розрив, що є не меншою за натяг.

Враховуючи, що початкова міцність S_i відповідає розподіленню Вейбула, має місце таке рівняння:

$$N(S_i) = \left(\frac{S_i}{S_0} \right)^m,$$

де S_0 та m – константи, що належать до початкового розподілення міцності. Величина m представляє нахил щодо розподілення ймовірності Вейбула.

З урахуванням цих виразів, а також з використанням інших положень вищезазначеної теорії, в роботі [4] були отримані співвідношення, які дозволяють оцінити строк функціонування оптичного волокна.

Передбачення ймовірності відмов базувалося на результатах тестування на міцності оптичного волокна. Для оцінки початкового розподілення міцності в роботі було запропоновано тест щодо натягу великих довжин оптичного волокна. На додаток до цього, величину N_p – ймовірність відмови волокна під час тесту на міцність також легко оцінити підрахунком кількості розривів за час тестування.

За результатами досліджень було отримано співвідношення для розрахунку допустимих умов натягу:

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_p} = \left[\frac{n-2}{m} \frac{F_s}{LN_p} \frac{t_p}{t_s} \right]^{\frac{1}{n}}$$

де σ_p – натяг, що прикладається до волокна під час тесту на міцність (%); σ_s – статично діючий на волокно натяг за межами тесту на міцність; t_p – тривалість тесту на міцність; t_s – час дії статичного натягу; F_s – ймовірність відмови волокна.

Величина n може бути оцінена за тестом динамічного старіння [7; 8]. А от значення m – параметра початкового розподілу міцності визначити для волокон великої довжини набагато важче. З цієї метою в роботі [4] було запропоновано проведення повторного тесту на міцність для визначення величини m .

Якщо σ_{p1} , t_{p1} та σ_{p2} , t_{p2} – відповідно натяги та час при проведенні першого та другого тесту, має місце співвідношення для визначення $(n-2)/m$:

$$\frac{n-2}{m} = \frac{\lg(1 + \sigma_{p2}^n t_{p2} / \sigma_{p1}^n t_{p1})}{\lg(1 + N_{p2} / N_{p1})}$$

Таким чином, може бути розрахована надійність ОВ лише за кількістю відмов, вимірених під час тестування на міцність.

Отримане в роботі [4] співвідношення дозволяє оцінити допустимий натяг ОВ у складі кабелю з точки зору його довговічності. Так, на рис.1 наведено діаграму передбачення допустимого натягу після тесту на міцність для забезпечення довгострокової надійності оптичного волокна.

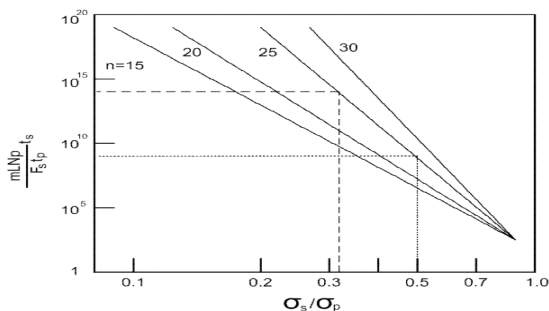


Рисунок 1 – Діаграма попередньої оцінки допустимого натягу після тестування на міцність для забезпечення тривалої надійності оптичного волокна

Допустимий натяг може бути вибраний при визначенні числа відмов під час проведення тесту на міцність N_p , допустимої ймовірності відмов F_s , умов проведення тесту на міцність – σ_p та t_p , а також вимог до часу функціонування t_s . Наприклад, відношення σ_s / σ_p приблизно дорівнює 0,3 для строку служби волокна $t_s = 25$ років (наведено лініями з тире). При цьому значення інших параметрів становлять: $L = 1000$ км, $n = 25$, $m = 10$, $F_s = 0,01$, $t_p = 2$ с, $N_p = 0,1$ відмова/км. З рис. 1 також витікає, що значення σ_s / σ_p знижується, коли зменшується значення n , що буває при підвищеній волозі довкілля.

Згідно з [4], результати роботи добре узгоджуються з експериментальними даними.

Запропонований метод може бути використаний для передбачення відмови великих довжин оптичного волокна без необхідності вимірювань початкового розподілення міцності.

На рис. 2 наведено діаграму попередньої оцінки допустимого натягу після тестування на міцність для забезпечення тривалої надійності оптичного волокна за умов тестування та параметрів, наведених нижче: $\sigma_s = 0,2\%$; $n = 23$; $m = 3$; $\sigma_p = 1,1\%$; $t_p = 0,5$ с; $N_p = 0,0067$ (1/км) (або 1 раз/150 км).

Як видно з графіків, залишковий натяг грає важливу роль у надійності волоконнооптичної лінії. І тому при виборі технології прокладання оптичного кабелю необхідно це враховувати, і використовувати переважно метод задування ОК в поліетиленову трубу.

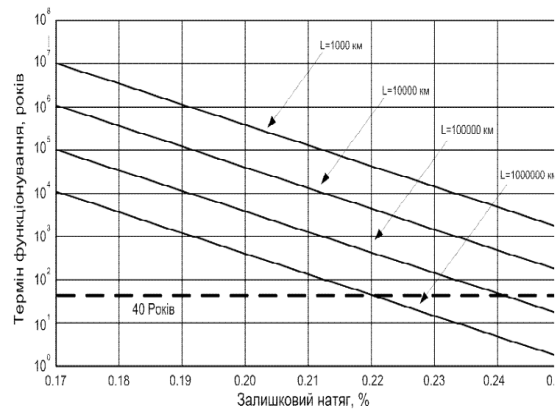


Рисунок 2 – Залежність терміну функціонування оптичного волокна від залишкового натягу

Зокрема цей фактор необхідно враховувати при прокладанні оптичного кабелю в приміщеннях та при монтажу його в оптичних муфтах, розподільних шафах та боксах, де ОК та разом з ним оптичне волокно підлягає вигинам. В цьому випадку оптичному волокну притаманний не тільки залишковий натяг, але й залишкова напруга, зумовлена вигинами оптичного волокна (рис. 3). Як видно з рис. 3, зовнішня частина оптичного волокна на вигині розтягується, а внутрішня стискається. Відносне видовження зовнішньої частини волокна

становить $\delta/2R_0$, де δ – діаметр волокна; R_0 – радіус вигину.

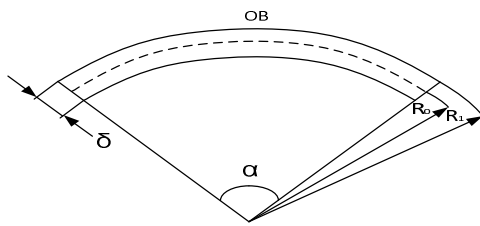


Рисунок 3 – Утворення деформації натягу на зовнішній поверхні оптичного волокна при утворенні вигину

В запропонованій роботі було проведено оцінку відносної деформації зовнішньої частини оптичного волокна залежно від радіуса вигину. Діаметр оптичного волокна δ при цьому дорівнював 125 мкм. Результати розрахунку залежності відносної деформації волокна від радіуса вигину наведені на рис. 4. Враховуючи дані, наведені в роботі [8], щодо залежності терміну функціонування оптичного волокна від відносного видовження, надані на рис. 4, можна визначити термін функціонування оптичного волокна залежно від радіуса вигину. Так, наприклад, згідно з [8], для досягнення значення терміну експлуатації волокна, що дорівнює 25 років, необхідно, щоб відносне видовження не перевищувало значення 0,3%. Згідно з рис. 4, це відповідає радіусу вигину, що дорівнює порядку 20 мм. Використання меншого радіуса вигину під час монтажу оптичного обладнання помітно зменшує строк служби волокна, хоча, з точки зору Рекомендацій МСЕ, він може бути допустимий. Так, вже при значенні відносного видовження 0,33% термін функціонування становить тільки 5 років.

Таким чином, при проектуванні та прокладанні мереж доступу необхідно вибирати радіус вигину оптичних кабелів та волокон з урахуванням не тільки їх допустимого радіуса вигину, але й терміну експлуатації. Особливу увагу треба в цьому випадку приділити оптичним волокнам, що відповідають Рекомендації МСЕ G.657, оскільки допустимий радіус вигину в них помітно менший за такий, що забезпечує задовільний термін експлуатації.

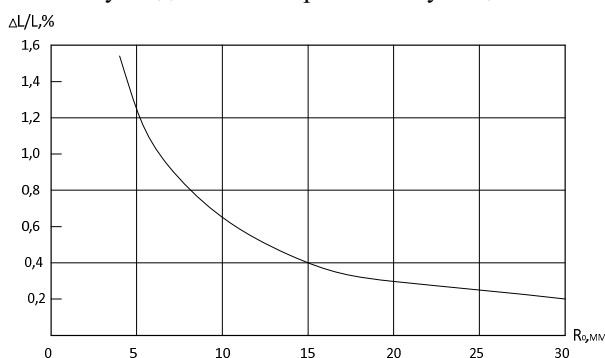


Рисунок 4 – Залежність відносної деформації зовнішньої поверхні оптичного волокна на вигині від радіуса вигину

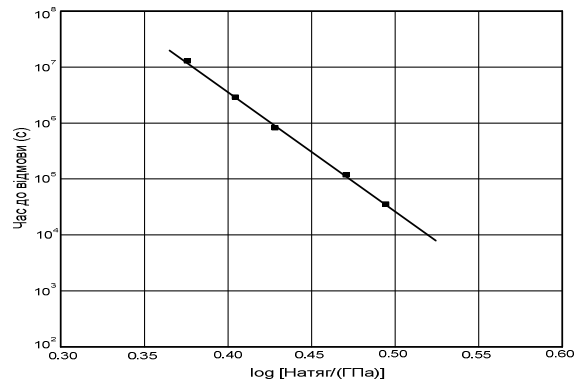


Рисунок 5 – Співвідношення між рівнем напруги натягу у волокні та часом до відмови при проведенні випробувань на статичну втому

Враховуючи той факт, що відносна деформація натягу за законом Гука пов'язана з напруженням у оптичному волокні таким чином:

$$\Delta L/L = \sigma/E,$$

де ΔL – абсолютне видовження оптичного волокна; L – довжина волокна; σ – напруження натягу в оптичному волокні; E – модуль Юнга матеріалу волокна, за значенням відносного видовження можна визначити напруження натягу у волокні:

$$\sigma = (\Delta L/L) \times E,$$

яке також однозначно визначає термін функціонування оптичного волокна. На рис. 6 наведені результати експериментальних досліджень компанії Fujikura [10], які дозволяють оцінити термін служби оптичного волокна при відомих значеннях напруження натягу в ньому.

Таким чином, при проектуванні оптичних кабельних мереж для внутрішнього прокладання необхідно враховувати такий фактор, як радіус вигину оптичного кабелю та оптичного волокна в стаціонарних умовах експлуатації. Особливу увагу треба звернути на нові типи волокна, для яких допустимий, згідно зі стандартами МСЕ, понижений радіус вигину. При цьому треба перевірити відповідність проектного радіуса вигину вимогам до терміну функціонування оптичної мережі та за необхідності скорегувати його значення.

Для визначення радіуса вигину оптичного волокна у складі кабелю в роботі було розроблено метод та проведено розрахунки параметрів скрутки для осердя стрічкового типу оптичного кабелю виробництва компанії OFS (Японія) як типового. Осердя цього кабелю являє собою пакет, складений зі стрічок, що містять оптичні волокна.

В якості прикладу розрахунок було проведено для осердя ОК, що містить 12 стрічок, кожна з яких має 12 оптичних волокон. Вигляд поперечного перерізу осердя стрічкового типу такого ОК наведено на рис. 6.

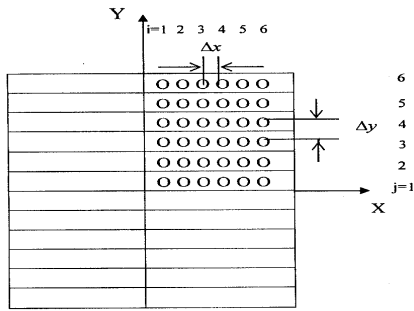


Рисунок 6 – Поперечний переріз осердя ОК стрічкового типу

Залежність радіуса вигину оптичного волокна від його відстані до осі осердя наведено на рис. 7. При цьому номерам кривих відповідає значення кроку скрутки h (мм): 1 – $h=20$; 2 – $h=30$; 3 – $h=40$; 4 – $h=50$; 5 – $h=60$; 6 – $h=70$; 7 – $h=80$; 8 – $h=90$; 9 – $h=100$.

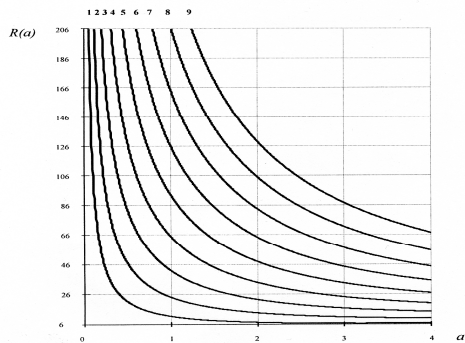


Рисунок 7 – Залежність радіуса кривини OB від відстані до осі осердя, (параметри h та a задано в мм)

Це дозволяє ще на етапі проектування конструкції визначити крок скрутки та побудову стрічкового осердя, яка забезпечує задану надійність оптичного кабелю.

Захист лінійних споруд від несанкціонованого доступу з метою підвищення їх надійності

Натепер існує проблема визначення наявності доступу до оптичних муфт, розташованих на мережах зв'язку. Це може призвести до пошкодження оптичних волокон, розташованих в муфтах, і таким чином понижує рівень надійності лінії. З метою вирішення вищенаведеної проблеми в роботі запропоновано використання металевих елементів, що входять в конструкцію ОК, для побудови системи моніторингу лінійних споруд ВОЛЗ, включаючи оптичні муфти [7]. Переважна більшість оптичних кабелів може включати в себе такі металеві елементи, як центральний силовий елемент, бічні силові елементи, броньований покрив, а певні типи ОК містять ще й мідні дроти дистанційного живлення. Враховуючи той факт, що використовуючи металеві елементи ОК, можна створити двопровідну лінію, яка фактично вбудована

в лінійні споруди ВОЛЗ, є доцільним застосувати її для моніторингу наявності несанкціонованого доступу. Еквівалентна електрична схема такої лінії для регенераційної дільниці (РД) наведена на рис.8. Вона складається з будівельних довжин ОК, з'єднаних між собою в оптичних муфтах.

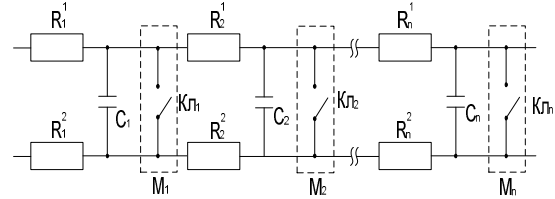


Рисунок 8 – Еквівалентна електрична схема двопровідної лінії, утвореної металевими елементами ОК

В цих муфтах проводиться також з'єднання металевих елементів оптичного кабелю. З метою запобігання несанкціонованому доступу до оптичних муфт для перехоплення інформаційних потоків в роботі запропоновано використання у складі муфт електромеханічних ключових елементів. При відкриванні муфти ключові елементи створюють (Кл) електричний контакт між провідниками утвореної лінії. Для контролю електричного стану лінії вона є постійно під'єднаною до пристрою, що вимірює опір. Сам пристрій для вимірювання опору підключено до контрольного приладу, що сигналізує про факт зміни опору.

В нормальному стані опір лінії визначається опором пластикових оболонок і є досить великим. При відкриванні муфти з номером k ключовий елемент $Кл_k$ спрацьовує і замикає контакти, що забезпечують в цій муфті з'єднання провідників лінії. При цьому утворюється електричне коло, опір якого R_k можна розрахувати за таким виразом:

$$R_k = \sum_{i=1}^k R_i^1 + \sum_{i=1}^k R_i^2,$$

де R_i^1 – опір першого провідника i -ї будівельної довжини кабелю; R_i^2 – опір другого провідника i -ї будівельної довжини кабелю.

При цьому відстань до місця доступу L_k визначається так:

$$L_k = \left(\sum_{i=1}^k R_i^1 + \sum_{i=1}^k R_i^2 \right) / R_p,$$

де R_p – погонний опір (опір 1 км) шлейфу імпровізованої лінії, що використовує у якості провідників металеві кабельні елементи.

У разі рівності опорів провідників ($R_i^1 = R_i^2 = R_i$) розрахунковий вираз буде мати вигляд:

$$R_k = 2 \sum_{i=1}^k R_i / R_p.$$

Таким чином, знаючи погонний опір провідників лінії та вимірне значення опору, можна визначити відстань до місця несанкціонованого доступу та номер муфти.

Висновки

Наведений в роботі метод дозволяє проводити проектування конструкцій оптичних кабелів та побудову оптичних мереж доступу з можливістю визначення оцінки їх надійності. При цьому необхідно розглянути ділянки мережі, що містять вигини оптичних кабелів та волоконних світловодів.

Особливу увагу треба приділяти ситуаціям з використанням нових типів оптичних волокон, що відповідають Рекомендації МСЕ G.657. Оскільки можливість використання оптичних волокон з пониженим допустимим радіусом вигину може призвести до значного зменшення терміну функціонування мережі, а отже її надійності.

З метою визначення фактів несанкціонованого доступу до таких складових частин лінійних споруд, як муфти, запропоновано використання металевих елементів оптичного кабелю.

Список літератури

1. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи. Учебник для вузов. – М.: Радио и связь. – 1988. – 544 с.
2. Фокин В.Г. Оптические системы передачи и транспортные сети. Учебное пособие. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 272 с.
3. Манько О.О., Марков С.Ю., Мелищук І.С. Обробка оптичних сигналів та ефективність систем зв'язку // Наукові записки українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2016. – 2(42). – С. 44– 50.
4. Yutaka Mitsunaga, Yutaka Katsuyama, Hirokazu Kobayashi, Yukinori Ishida // Journal of Applied Physics. – 1982. – Vol.53, №7. – P.4847– 4853.
5. Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network // ITU-T Recommendation G.657.
6. Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable // ITU-T Recommendation G.650.1
7. Пестриков В. М. Длительная прочность оптических волокон в условиях старения материала / В.М. Пестриков // Физика и химия стекла. – 2000. – Т.26, №2. – С. 244– 257.
8. Листвин А. В. Оптические волокна для линий связи / А.В. Листвин., В.Н. Листвин., Д.В. Швырков Оптические волокна для линий связи. – М.: ЛЕСАРпт, 2003. – 288 с.
9. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1979. – 944с.
10. Fujikura Optical Fiber & Cables Department International Telecommunications Division I-5-1, Kiba, Koto-ku, Tokyo 135-8512, Japan, "Manual of single mode optical fiber". Issued in June 1999.
11. Бурков, В. Н. Параметры цитируемости научных публикаций в наукометрических базах данных / В.Н. Бурков, А.А. Белолицкий, В.Д. Гогунский // Управління розвитком складних систем. – 2013. – № 15. – С. 134 - 139.

Стаття надійшла до редколегії 16.11.2018

Рецензент: д-р техн. наук, В.В. Онищенко, Державний університет телекомунікацій, Київ.

Гордиенко Сергей Борисович

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой Учебно-научного института информационной безопасности Национальной академии Службы безопасности Украины, Киев

Манько Александр Алексеевич

Доктор технических наук, профессор Одесской национальной академии связи им. А.С. Попова Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, Київ

Манько Владимир Александрович

Кандидат технических наук, инженер I-й категории Киевстар GSM, Киев

Скубак Александр Николаевич

Кандидат технических наук, доцент, доцент Учебно-научного института информационной безопасности Национальной академии Службы безопасности Украины, Киев

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ НА ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЯХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Аннотация. Рассмотрены требования к надежности волоконно-оптических линий связи при использовании технологий передачи со спектральным разделением каналов. Показано, что использование таких технологий предъявляет повышенные требования к надежности оптического волокна в составе оптического кабеля. Причиной является значительное повышение пропускной способности линии и соответственно потерь информации в случае аварийных ситуаций. Приведены результаты расчетов, которые подтверждают зависимость времени жизни оптического волокна от натяжения. Проведено исследование зависимости времени жизни оптического волокна от его изгиба. Предложен метод расчета относительного удлинения оптического волокна в зависимости от радиуса изгиба. Даны рекомендации по выбору радиуса изгиба волокна при проектировании оптических сетей для повышения их надежности. Разработан метод индикации доступа к оптической муфте.

Ключевые слова: оптическое волокно; натяжение; радиус изгиба; надежность; время жизни

Gordienko S.B.

PhD (Eng.), Associate Professor, Head of the Chair of the Educational and Scientific Information Security Institute
Department of Technical Information Protection, SBU Academy, Kyiv, Ukraine

Manko O.O.

DSc (Eng.), Professor of the Odessa National Academy of Telecommunications. A.S. Popova
Department of Telecommunications, Odessa National Academy of Communications, Odessa, Ukraine

Manko V.O.

PhD (Eng.), Engineer of the 1st category
National Mobile Communications Operator Kyivstar, Kyiv, Ukraine

Skubak O.M.

PhD (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Educational Scientific Institute of Information Security
Department of Technical Information Protection, SBU Academy, Kyiv, Ukraine

ENSURING THE RELIABILITY OF OPTICAL CABLES ON LINE FACILITIES OF COMMUNICATION NETWORKS

Abstract. The paper discusses the requirements for the reliability of fiber-optic communication lines using transfer technology with wavelength division multiplexing. It is shown that the use of such technology makes high demands on the reliability of the optical fiber included in an optical cable. The reason is the significant increase of line capacity and consequently loss of information in case of emergencies. The calculation results, which confirm the lifetime of the optical fiber from the tension after installation are shown. Recommendations in accordance with that offered by laying fiber optic cable to use the method of blowing cable in polyethylene pipe are given. This will to reduce the load on the cable during installation and to avoid a large load on the fiber. A study of the dependence of the optical fibre lifetime on the bend is produced. A method for calculating the elongation of the optical fibre depending on the bending radius is proposed. Recommendations on the bending radius choice of the fibre in the design of optical networks to increase their reliability are given. A method for indicating access to an optical closure is developed.

Keywords: optical fibre, tension, bends radius, reliability, lifetime Ensuring the reliability of optical cables on line facilities of communication networks

References

1. Grodnev I.I., Vernik S.M. (1988). *Communication lines: extbook*. Moscow, Russia: Radio i svyaz', 544.
2. Fokin, V.G. (2008). *Optical systems of transmission and transmission netsi. Textbook*. M.: Ehko-Trendz, 272.
3. Man'ko, O.O., Markov, S.Yu., Melishchuk, I.S. (2016). *Threatment of optical signals and effectiveness of communication systems. Scientific bulletin of Ukrainian NDI of communications*, 2(42), 44-50.
4. Mitsunaga, Yutaka, Katsuyama, Yutaka, Kobayashi, Hirokazu, Ishida, Yukinori. (1982). *Journal of Applied Physics*, 53, 7, 4847-4853.
5. *Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network // ITU-T Recommendation G.657.*
6. *Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable // ITU-T Recommendation G.650.1*
7. Pestrikov, V.M. (2000). *Long-term strength of optical fiber in material aging cnditions. Fizika i himiya stekla*, 26, 2, 244-257.
8. Listvin, A.V. (2003). *Optical fiber for communication line / A.V. Listvin, V.N. Listvin, D.V. Shvyrvkov. M.: LESARart*, 288.
9. Yavorskij, B.M., Detlaf, A.A. (1979). *Handbook on physics. M.: Nauka*, 944.
10. Fujikura. (1999). *Optical Fiber & Cables Department International Telecommunications Division 1-5-1, Kiba, Koto-ku, Tokyo 135-8512, Japan, "Manual of single mode optical fiber". Issued in June 1999.*
11. Burkov, Vladimir, Biloshchitskyi, Andrii & Gogunsky, Victor. (2013). *Parameters citation of scientific publications in scientometric databases. Management of Development of Complex Systems*, 15, 134-139.

Посилання на публікацію

- APA Gordienko, Sergij, Manko, Olexandr, Manko, Volodimir & Skubak, Olexandr. (2018). *Ensuring the reliability of optical cables on line facilities of communication networks. Management of Development of Complex Systems*, 33, 144–150. [in Ukrainian]
- ДСТУ Гордієнко С.Б. Забезпечення надійності оптичних кабелів на лінійних спорудах мереж зв'язку [Текст] / С.Б. Гордієнко, О.О. Манько, В.О. Манько, О.М. Скубак // *Управління розвитком складних систем*. – 2018. – № 33. – С. 144 – 150.