

О. В. Онищук¹
Д. В. Карлов²
С. В. Ревуженко¹

ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОПТИЧНИХ КАБЕЛІВ ПІД ЧАС БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІНІЙНИХ СПОРУД ЗВ'ЯЗКУ

¹Вінницький національний технічний університет;

²Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба

Проаналізовано основні технологічні особливості виготовлення, прокладання та обслуговування оптичних кабелів зв'язку. Встановлено ключові джерела негативного впливу на оптичні волокна, що виникають на різних етапах життєвого циклу кабелю — від виробництва до експлуатації. Запропоновано методику оцінювання параметрів оптичних кабелів, яка дозволяє здійснювати оцінювання якості оптичних ліній зв'язку. Методика базується на порівнянні оптичних та електричних параметрів з паспортних даних, виконавчої та експлуатаційної документації, отриманих під час вимірювання кілометричного загасання та опору ізоляції захисного покриття оптичних кабелів за допомогою відповідно рефлектометрів (OTDR) та мегомметрів. Для оброблення результатів застосовано методи математичної статистики, зокрема аналіз щільності розподілу загасання, побудову графіків розсіювання, обчислення середніх значень та стандартних відхилень. Це дозволяє виявити ділянки з підвищеним ризиком деградації, оцінити стабільність параметрів та прогнозувати технічний стан кабельної лінії. Побудовано графічні моделі розподілу втрат на довжинах хвиль 1310 нм та 1550 нм, які демонструють зміщення та розширення кривих розподілу. Сформульовано практичні рекомендації щодо контролю параметрів оптичних кабелів, які можуть бути інтегровані у проектну та виконавчу документацію будівельно-монтажних організацій, провайдерів та операторів зв'язку. Запропонований підхід сприяє підвищенню надійності, довговічності та ефективності оптичної інфраструктури, а також може бути використаний для розробки автоматизованих систем моніторингу технічного стану мереж зв'язку з використанням цифрових баз даних та алгоритмів прогнозування.

Ключові слова: оптичний кабель, волокно, затухання, лінійні споруди зв'язку, оцінювання, вимірювання.

Вступ

Сьогодні лінійні кабельні споруди зв'язку широко використовуються у інфраструктурі сучасних телекомунікаційних мереж, оскільки забезпечують високу надійність та зручність експлуатаційного обслуговування. При цьому наймасовішого впровадження та використання набули оптичні кабельні лінії зв'язку завдяки високій швидкості передачі великих обсягів інформації на значні відстані.

Аналіз сучасних досліджень [1] показав, що тільки надійні конструкції оптичних кабелів, дозволяють ефективно інтегрувати їх у будівельні проекти, забезпечуючи стабільність параметрів у складних умовах будівництва. Водночас, як показано у [2], тривала експлуатація кабелів супроводжується поступовою деградацією оптичних параметрів — зростанням загасання, появою мікротріщин, проникненням водню, що знижує ефективність передачі сигналу тощо.

Таким чином, в залежності від технологічних особливостей прокладання та умов експлуатації, на різних ділянках кабельної лінії можуть виникати додаткові впливи механічного та/або хімічного характеру. Це зумовлює необхідність постійного оцінювання якості кабелів та своєчасного виявлення ділянок з підвищеним ризиком погіршення їхніх параметрів.

Якість кабельних ліній може бути оцінена шляхом вимірювання оптичних параметрів з допо-

могою спеціальних приладів які працюють за методом зворотного Релеєвського розсіювання та розподіленого зондування за методом Бріллюєна [3], [4]. Це забезпечує моніторинг під час технічного обслуговування протягом усього терміну служби оптичних кабелів, а також на етапі будівництва лінійних кабельних споруд. Своєчасне виявлення та усунення проблемних ділянок оптичного кабелю збільшить термін використання та підвищить надійність оптичних ліній зв'язку в цілому [5].

Результати досліджень

Розглянемо основні етапи, на яких можна отримати інформацію про результати контролю параметрів оптичних кабелів. Насамперед це обов'язкова перевірка параметрів кабельної продукції безпосередньо під час виготовлення на заводі-виробнику. Детальну інформації про результати такої перевірки можна знайти у відповідній супровідній документації (паспорт, сертифікат тощо).

Наступним етапом вимірювання оптичних і електричних параметрів кабелів є прокладання оптичних кабелів під час будівництва лінійних кабельних споруд. Сьогодні для будівництва лінійних кабельних споруд використовуються механізовані технології, такі як безтраншейне прокладання кабелю вібраційними кабелеукладачами безпосередньо в ґрунт, затягування у кабельну каналізацію, прокладання під дорогами, залізними, ріками методом горизонтально-напрявленого буріння, підвішування на опорах ліній електропередачі тощо. Відповідну інформацію про результати контролю можна знайти у виконавчій документації по завершенню будівництва і передачі лінії зв'язку в експлуатацію.

На етапі експлуатації оптичних ліній зв'язку відбувається велика кількість аварійно-відновлювальних робіт на кабельних лініях зв'язку, а також їх заміна та/або модернізація. При цьому здійснюються періодичні та позапланові вимірювання параметрів оптичних кабелів. Дані про результати вимірювання фіксуються у документації з паспортизації ліній, що перебувають на балансі та/або на обслуговуванні у оператора зв'язку.

Згідно з керівними нормативними документами з будівництва та експлуатації лінійних кабельних споруд, контролюються як оптичні так і електричні параметри кабелів зв'язку. Розглянемо їх детальніше [6].

Оптичні та електричні параметри оптичного кабелю.

Як відомо, основним конструктивним елементом сучасних оптичних кабелів зв'язку є стандартні одномодові волокна, серцевина яких виготовлена з кварцового скла, легованого мінімальними домішками склоформуючих компонентів для зміни показника заломлення, а оболонка — з кварцового скла. До оптичних параметрів відносяться розподілені втрати оптичної потужності по всій довжині оптичного волокна, які можуть бути оцінені за коефіцієнтом загасання на заданій довжині хвилі або кілометричного загасання. На рис. 1а показано зразок паспорту оптичного кабелю заводного виробництва Fujikura з одномодовими волокнами типу G.652D, межове значення коефіцієнта загасання для робочих довжин хвилі 1310 нм та 1550 нм якого не перевищує відповідно 0,36 дБ/км та 0,22 дБ/км. Також значення коефіцієнта кілометричного загасання вказується для кожного волокна окремо на кожній з довжин хвиль.

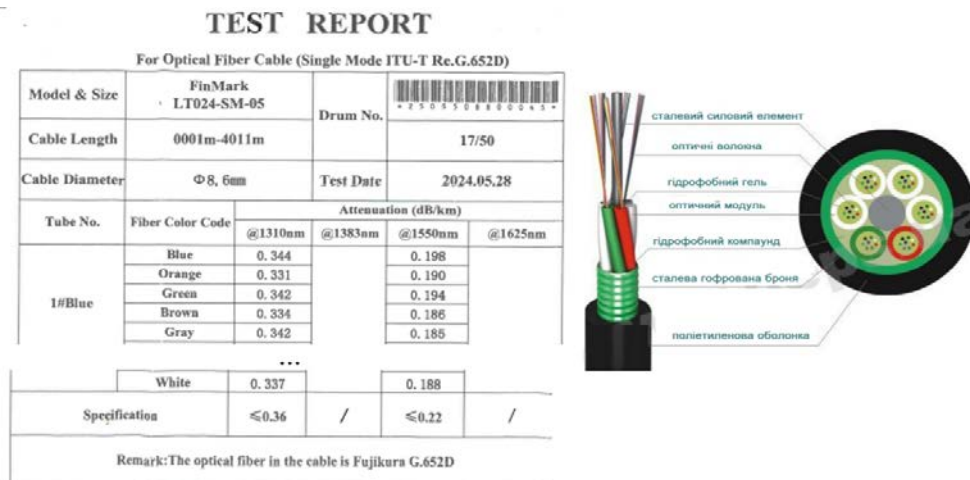


Рис. 1. Оптичний кабель: а — паспорт; б — конструкція

Для надійного захисту оптичних волокон під час прокладання та безвідмовної роботи протягом усього терміну експлуатації оптичної лінії зв'язку у конструкції кабелю використовуються спеціальні елементи захисту та підсилення, такі як захисне поліетиленове покриття, а також силові та армувальні елементи (рис.1б).

Для забезпечення необхідної механічної міцності та запобігання значних механічних напруг, у конструкцію оптичного кабелю вводяться силові елементи. Насамперед це кевларові нитки, які навиваються на осердя кабелю і забезпечують мінімально необхідне розтягувальне зусилля в 1000...2000 Н. Для збільшення механічної міцності застосовують один центральний або два бічних силових елементи, які можуть бути діалектичними або металевими. Конструкція з центральним силовим елементом додає гнучкості кабелю, а конструкція з двома бічними елементами забезпечує більшу стійкість до ударів та розтягувальних навантажень. Зрештою для забезпечення найбільшої стійкості до зовнішніх механічних і електричних впливів, а також для збільшення розтягувального зусилля в десятки кілоньютон, застосовують кабельну броню — частина захисного покриття з металевих стрічок або одного чи декількох шарів металевого дроту.

Захисне поліетиленове покриття перешкоджає проникненню вологи в кабель, протидіє впливу низьких та високих температур, а також має здатність не змінювати свої фізичні властивості під впливом перепадів температури навколишнього середовища. Характеризується хорошою стійкістю до ультрафіолетового випромінювання, різних хімічних та механічних впливів тощо.

Наявність в конструкції оптичного кабелю зовнішнього поліетиленового шлангу разом з металевим броньованим гофрованим покриттям та/або інших струмопровідних елементів дозволяє контролювати електричний параметр — опір ізоляції шлангових покривів кабелю. Електричний опір ізоляції на 1 км такого кабелю за температури 20 °C має бути не меншим за норму в 5 МОм, яку вказано в ТУ та стандарті на оптичний кабель, що підлягає контролю [7]. В паспортній документації також може бути вказане значення такого параметра.

Окрім вищезазначених, також враховують такі характеристики оптичних кабелів зв'язку:

- | | |
|---|--|
| – допустиме розтягувальне зусилля, кН; | – діапазони робочих температур, збереження, монтажу, °C; |
| – допустиме зусилля стиснення, Н/1000 мм; | – стійкість до поздовжнього проникнення вологи; |
| – стійкість до удару, Нм; | – стійкість до горіння. |
| – мінімальний радіус згину, мм; | |

Таким чином за допомогою паспортної документації можна отримати вихідні значення оптичних та електричних параметрів кабелю. Ця інформація може бути використана як вихідна для подальшого контролю зміни цих параметрів, для порівняння вихідних (паспортних) значень з результатами їх вимірювання на всіх етапах прокладання та експлуатації цього кабелю.

Прокладання оптичних кабелів

Після завершення виробництва оптичний кабель, змотаний на барабани, доставляється на будівельні майданчики, де здійснюється його прокладання відповідно до проектних рішень. Ці рішення враховують специфіку умов будівництва, передбачають застосування сучасних механізованих комплексів, новітніх технологій монтажу, а також конструктивні особливості кабельної продукції.

У процесі прокладання кабелів зазнає додаткових механічних впливів, серед яких найпоширенішими є згини, осьове закручування, короточасні та тривалі розтягувальні навантаження, удари та роздавлювання. Наприклад, на позаміських ділянках прокладання здійснюється за допомогою вібраційних кабелеукладників, які заглиблюють кабель безпосередньо в ґрунт на глибину понад 1,2 метра. У сприятливих умовах (ґрунти 1—3 категорії, відсутність підземних комунікацій) така технологія забезпечує високу продуктивність — до 10 км за зміну. Додаткове заглиблення кабелю та використання сигнальної стрічки на глибині 0,6 м знижують ризик пошкодження під час земляних робіт.

Під час прокладання на кабель можуть діяти динамічні розтягувальні зусилля, які виникають у процесі роботи механізованої колони. Зміна навантаження внаслідок зовнішніх чинників може спричинити переміщення внутрішніх елементів кабелю, що, у свою чергу, призводить до зростання оптичних втрат. Щоб уникнути залишкових деформацій волокон, необхідно ще на етапі проектування вибрати кабель з відповідними характеристиками міцності та контролювати навантаження під час будівельних робіт.

На ділянках зі складними або кам'янистими ґрунтами (категорії 4—6) прокладання потребує

додаткової техніки: пропорщики для попереднього розпушування, ланцюгові траншеєкопачі, екскаватори для роботи у важкодоступних місцях. У таких умовах кабель піддається ударам і роздавлюванню, що може спричинити тимчасові або постійні втрати оптичної потужності.

У межах населених пунктів прокладання здійснюється в наявній кабельній каналізації. Перед монтажем проводиться ревізія та ремонт каналів, дооснащення кабельних колодязів. Затягування кабелю виконується вручну або за допомогою лебідок, кабельних машин з контролем тягового зусилля. Будівельні довжини до 2000 м прокладаються з дотриманням норм щодо мінімального радіуса згину та допустимого тягового навантаження. Динамічні режими згинання можуть спричинити деформацію волокон, тому конструкція кабелю має забезпечувати радіус згину, значно більший за мінімально допустимий, що гарантує довговічність та стабільність передачі.

Осьове закручування, яке виникає як під час прокладання, може спричинити залишкові напруження у волокнах або пошкодження оболонки. Якщо такі навантаження передбачені проектом, конструкція кабелю повинна витримувати певну кількість закручувань на одиницю довжини без зростання втрат або виникнення пошкоджень.

Експлуатація оптичних кабелів

У процесі експлуатації волокна в оптичних кабельних лініях зв'язку можуть зазнавати впливу статичних механічних навантажень, зокрема розтягувальних зусиль, осьового закручування, згинів тощо. До того ж протягом тривалого терміну служби в конструкцію кабелю можуть проникати волога, водень та інші хімічні речовини, що негативно впливають на оптичні характеристики волокон. Зауважимо на основні фізико-хімічні чинники, які спричиняють деградацію оптичного волокна та скорочують термін його експлуатації.

Постійні розтягувальні навантаження можуть діяти на кабель протягом усього періоду його використання, особливо у випадках підвісного монтажу на опорах електропередач. Такі навантаження виникають внаслідок осьового закручування, згинів, провисання між точками кріплення, а також під впливом зовнішніх факторів — температурних коливань, ожеледі, вітру тощо. Під час проектування повітряних кабельних ліній необхідно враховувати номінальну межу міцності, максимально допустиме розтягувальне зусилля та запас міцності кабелю. У випадку тривалого навантаження важливо забезпечити, щоб оптичне волокно не зазнавало залишкових деформацій.

Одним з критичних факторів є утворення водню, що виникає внаслідок реакції вологи з металевими елементами кабелю. Водень здатен проникати до оптичного волокна, спричиняючи зростання втрат оптичної потужності. Для запобігання цьому в конструкції кабелю застосовуються гідрофобні наповнювачі та водневопоглинальні матеріали, які забезпечують низький рівень концентрації водню протягом усього терміну служби.

Проникнення вологи також негативно впливає на механічну міцність та довговічність матеріалів, з яких виготовлені оптичні волокна. Радіальне проникнення ефективно блокується металевими бар'єрами, а для запобігання поздовжньому розповсюдженню вологи використовуються водоблокувальні стрічки, обмотки, гідрофобні компаунди тощо. Замерзання води всередині кабелю може призвести до механічного пошкодження волокон, що спричиняє додаткові втрати потужності та погіршення передавальних характеристик.

Удари блискавки становлять загрозу для кабелів, які містять металеві або струмопровідні елементи. Енергія удару може поширюватися вздовж кабелю, викликаючи термічне пошкодження оболонки та руйнування оптичних волокон.

Таким чином, зміни оптичних та електричних параметрів можуть проявлятися як по всій довжині кабелю, так і на окремих його ділянках. Вони зумовлені як механічними навантаженнями під час монтажу, так і поступовою деградацією матеріалів у процесі експлуатації — зокрема через механічну втому та утворення мікротріщин.

Методи і засоби вимірювання параметрів оптичних кабелів

Вимірювання оптичних та електричних параметрів оптичних кабелів можна здійснити під час:

- 1) виготовлення оптичного кабелю на заводі кабельної продукції (вхідний контроль);
- 2) будівництва лінійних кабельних споруд (контроль після прокладання);
- 3) експлуатації оптичних ліній зв'язку (планові/періодичні вимірювання).

На всіх етапах контролю використовуються такі вимірювальні прилади, як оптичні рефлектометри зворотного розсіювання, мегомметри та інші кабельні прилади (рис. 2) [5].



а



б

Рис. 2. Вимірювання в оптичній лінії зв'язку: а — стенд оптичної лінії зв'язку; б — оптичний рефлектометр

На рис. 3а, б показані приклади рефлектограм вимірювання волокон оптичного кабелю відповідно під час вхідного контролю та контролю після прокладання. Результати таких вимірювань фіксуються у паспортній документації та у протоколах контролю після прокладання у виконавчій документації з будівництва лінійних кабельних споруд. Зазвичай ця документація зберігається протягом всього терміну експлуатації оптичної лінії зв'язку і може бути використана для дослідження втрат у оптичних кабелях зв'язку.

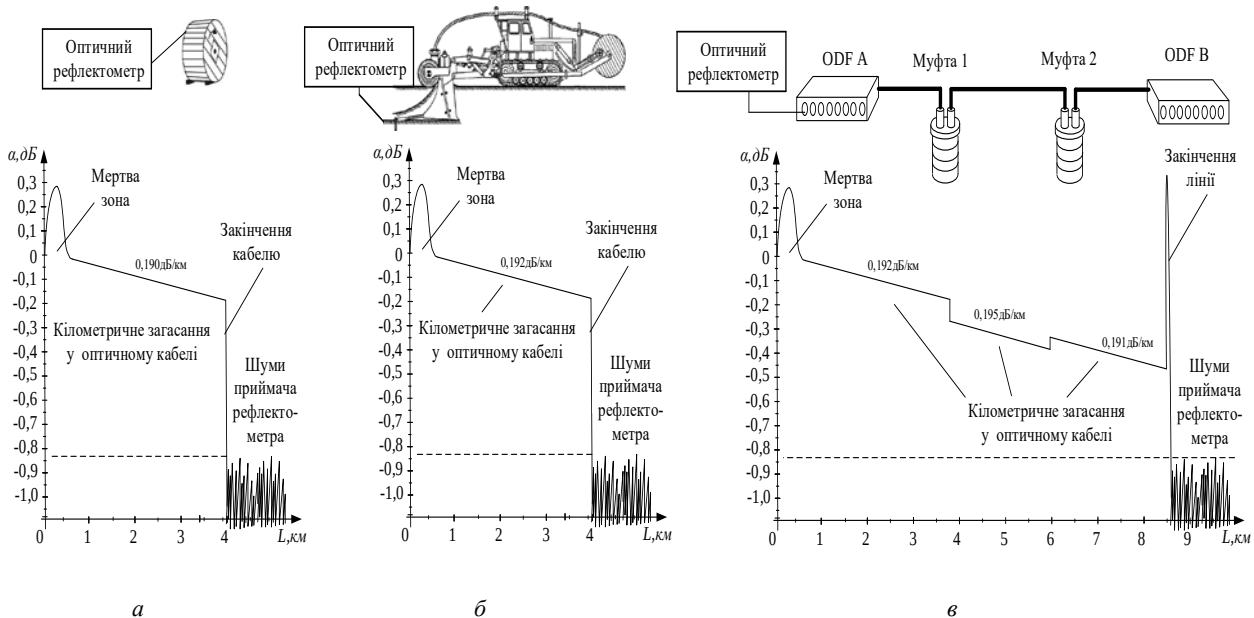


Рис. 3. Рефлектограми оптичних волокон, отримані: а — під час вхідного контролю кабелю на барабанах; б — після прокладання будівельних довжин; в — на етапі експлуатації оптичної лінії зв'язку

На рис. 3в показано приклад вимірювання вже змонтованої лінії після передачі її у експлуатацію. На таких рефлектограмах відображається значення кілометричного загасання для кожної будівельної довжини, які вирізняються характерними подіями місць заварювання оптичних волокон.

Таким чином отримані три масиви даних кілометричних втрат можуть бути оброблені методами математичної статистики. На рис. 4 показано графіки щільності розподілу значень загасання оптичного волокна для двох довжин хвиль 1550 нм та 1310 нм, отриманих з паспортної документації на кабельну продукцію; після прокладання на етапі будівництва лінійних кабельних споруд; під час експлуатації в процесі обслуговування оптичного кабелю.

Зокрема на рис. 4 показано графіки розподілу дисперсії кілометричного загасання, отримані для довжин хвиль 1550 нм та 1310 нм. На обох графіках можна спостерігати, що криві синього кольору, які відповідають втратам із паспортів на кабель, мають вузький і симетричний розподіли. Це свідчить про стабільність параметра на етапі виготовлення оптичного кабелю.

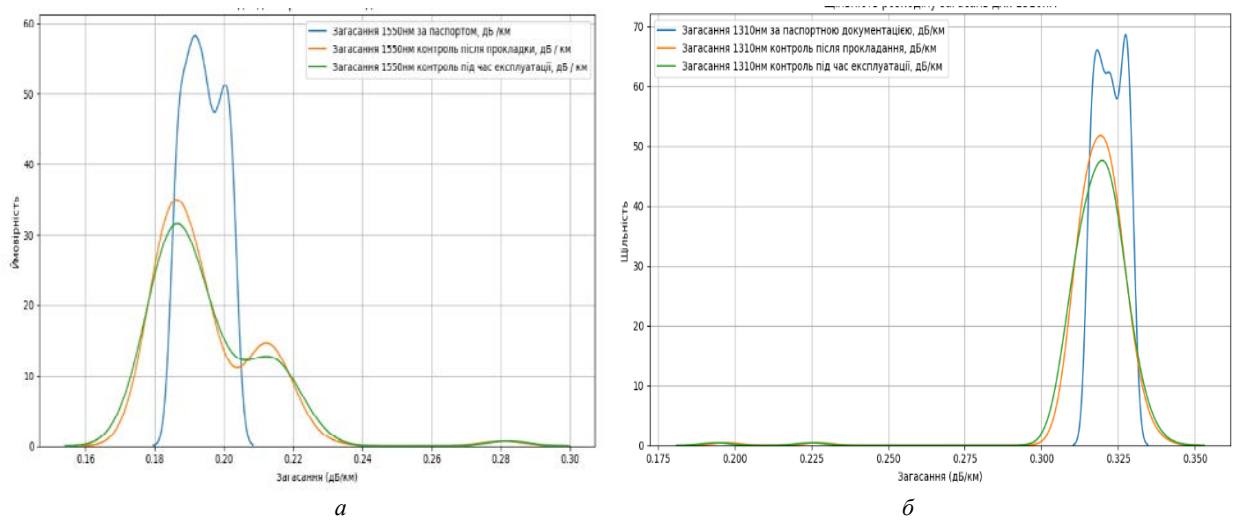


Рис. 4. Розподіл дисперсії кілометричного загасання для довжин хвиль: *а* — 1550 нм; *б* — 1310 нм

Для довжини хвилі 1310 нм середнє паспортне значення кілометричного загасання становить 0,3226 дБ/км, стандартне відхилення — 0,0045, а межі варіюються від 0,3110 до 0,3340 дБ/км. Криві помаранчевого та зеленого кольорів, що відповідають даним з виконавчої документації та документації з паспортизації лінії, демонструють зміщення в бік більших значень загасання, що може бути наслідком впливу зовнішніх факторів — мікрозгинів, температурних змін, механічних навантажень. Так після прокладання середнє кілометричне загасання становить 0,3184 дБ/км, а під час експлуатації — 0,3181 дБ/км, зі стандартними відхиленнями 0,0121 та 0,0127 відповідно, що свідчить про зростання варіативності. Аналогічна картина спостерігається для довжини хвилі 1550 нм: паспортне загасання має середнє значення 0,1942 дБ/км, стандартне відхилення 0,0054, межі — від 0,1740 до 0,2150 дБ/км. Після прокладання та під час експлуатації середні значення становлять 0,1950 дБ/км, але стандартне відхилення зростає до 0,0155 та 0,0159 відповідно. Це підтверджує поступове накопичення деградаційних ефектів у волокні. Найбільше розширення кривої, що відповідає вимірюванням під час експлуатації, свідчить про більшу варіативність умов, у яких працює оптична лінія.

Практичні рекомендації

На основі проведеного аналізу та статистичної обробки результатів вимірювань параметрів оптичних кабелів на різних етапах їхнього життєвого циклу, сформульовано такі практичні рекомендації:

1. Вибір кабелю з урахуванням умов експлуатації. На ділянках з підвищеним ризиком механічного впливу (каменисті ґрунти, вібрації, механізовані методи прокладання тощо) варто використовувати кабелі з підвищеною механічною міцністю та броньованим захистом. Це знижує ймовірність пошкоджень і подовжує термін експлуатації лінії.

2. Забезпечення двосторонніх вимірювань та порівняння загасання. Для підвищення точності оцінювання стану оптичної лінії зв'язку доцільно виконувати двосторонні вимірювання на довжинах хвиль 1310 нм та 1550 нм. Результати вимірювань після прокладання та в процесі експлуатації варто систематично порівнювати з даними із паспортів на кабельну продукцію. Виявлення відхилень понад 0,05 дБ/км є підставою для проведення додаткової діагностики, зокрема перевірки місць зварювання або ділянок з підвищеним механічним навантаженням.

3. Централізоване зберігання результатів вимірювань. Всі дані вимірювань доцільно фіксувати у цифровій базі даних з прив'язкою до географічного положення та часу. Це дозволяє здійснювати довгостроковий моніторинг, виявляти тенденції деградації та ухвалювати обґрунтовані рішення щодо технічного обслуговування.

4. Локалізація та усунення дефектів. У разі виявлення ділянок з різким зростанням загасання або мікротріщинами рекомендовано застосовувати кабельні вставки. При цьому необхідно складати технічний акт із зазначенням причин пошкодження та описом виконаних ремонтних робіт.

5. Регламентні вимірювання. Планові вимірювання параметрів оптичних кабелів рекомендовано проводити не рідше одного разу на рік, а також після аварійно-відновлювальних робіт, модер-

нізації або зміни умов експлуатації. Це дозволяє своєчасно виявляти деградаційні процеси та запобігати аваріям.

Висновки

У результаті проведеного аналізу встановлено, що оптичні кабелі зазнають впливу різноманітних механічних та фізико-хімічних факторів на всіх етапах життєвого циклу — від виробництва до експлуатації. Найбільші зміни параметрів виникають на етапі будівництва лінійних споруд зв'язку, зокрема під час прокладання оптичних кабелів, про що свідчать результати статистичного аналізу розподілу дисперсії кілометричного загасання.

Запропонована нова методика оцінювання параметрів оптичних кабелів, яка полягає у порівнянні даних з паспортів на кабельну продукцію з результатами вимірювань після прокладання та в процесі експлуатації, що дозволяє не лише виявляти ділянки з підвищеним ризиком деградації від час експлуатації, але й оцінювати стабільність параметрів у динаміці під час будівництва. При цьому застосування методів математичної статистики (аналіз дисперсії, щільності розподілу, стандартних відхилень) забезпечує об'єктивність оцінювання і можливість прогнозування технічного стану кабельної лінії.

Практичні рекомендації, сформульовані на основі отриманих результатів, мають прикладне значення для будівельно-монтажних організацій, провайдерів та операторів зв'язку. Їх інтеграція у проектну та виконавчу документацію сприятиме підвищенню надійності, довговічності та ефективності оптичної інфраструктури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] A. Devasia, *New Construction Fiber Optic Cabling Overview & Guide*. The Network Installers, 2025. [Electronic resource]. Available: <https://thenetworkinstallers.com/blog/new-construction-fiber-optic/>.
- [2] A. Maslo, M. Hodzic, A. Mujcic, and E. Skaljo, "Degradation of Optical Fiber Parameters During the Period of Usage: 2003–2019," *Proceedings of the 2019 International Workshop on Fiber Optics in Access Networks (FOAN)*. IEEE, 2019. <https://doi.org/10.1109/FOAN.2019.8933804>.
- [3] F. Bastianini, R. Di Sante, F. Falcetelli, D. Marini, and G. Bolognini, "Optical Fiber Sensing Cables for Brillouin-Based Distributed Measurements," *Sensors*, vol. 19 (23), 2019. Article 5172. <https://doi.org/10.3390/s19235172>.
- [4] K. Kishida, M. Imai, J. Kawabata, and A. Guzik, "Distributed Optical Fiber Sensors for Monitoring of Civil Engineering Structures," *Sensors*, vol. 22, 2022. Article 4368. <https://doi.org/10.3390/s22124368>.
- [5] О. В. Онищук, і О. В. Висоцький, «Методи і засоби оцінювання якості оптичних волокон волоконно-оптичних ліній зв'язку», *LIV Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету інформаційних електронних систем*, 24-27 березня 2025 р. Вінниця, 2025. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2025/paper/view/23371>.
- [6] О. В. Вакуленко, В. Д. Голь, М. С. Ірха, і О. А. Хахлюк, *Лінії передачі*, підруч. Київ, Україна: ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021, 218 с.
- [7] В. Б. Каток, І. Е. Руденко, Є. Г. Ранський, і П. М. Однорог, *Волоконно-оптичний зв'язок*, навч. посіб. Київ, Україна: Логос, 2015, 481 с.

Рекомендована кафедрою інформаційних радіоелектронних технологій та систем ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 5.09.2025

Карлов Дмитро Володимирович — д-р техн. наук, старший науковий співробітник, начальник кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки, e-mail: zeroua108@ukr.net.

Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків;

Онищук Олег Володимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій та систем, e-mail: onyschukoleg@gmail.com ;

Ревуженко Сергій Валентинович — магістрант кафедри інформаційних радіоелектронних технологій та систем.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. V. Onyschuk¹
D. V. Karlov²
S. V. Revuzhenko¹

Evaluation of Optical Cable Parameters during the Construction and Operation of Linear Communication Structures

¹Vinnytsia National Technical University;

²Kharkiv National University of the Air Force named after I. Kozhedub

The paper analyzes the key technological aspects of manufacturing, installation, and maintenance of optical communication cables. The main sources of negative impact on optical fibers at different stages of the cable lifecycle—from production to operation — are identified. Methodology for evaluating cable parameters is proposed, enabling comprehensive quality control of fiber-optic communication lines. The approach is based on comparing optical and electrical parameters with passport data, construction documentation, and operational records obtained through control measurements of attenuation per kilometer and insulation resistance of the cable's protective sheath using optical time-domain reflectometers (OTDR) and megohmmeters, respectively. The results are processed using mathematical statistics methods, including density distribution analysis, scatter plot construction, and calculation of mean values and standard deviations. This allows for identifying segments with the increased degradation risk, assessing parameter stability, and predicting the technical condition of the cable line. Graphical models of attenuation distribution at wavelengths of 1310 nm and 1550 nm are constructed, showing shifts and broadening of the distribution curves. Practical recommendations for monitoring cable parameters are formulated, which can be integrated into design and construction documentation for installation companies, service providers, and network operators. The proposed approach contributes to improving the reliability, durability, and efficiency of fiber-optic infrastructure and can be used to develop automated systems for monitoring the technical condition of communication networks using digital databases and predictive algorithms.

Keywords: optical cable, fiber, attenuation, linear communication structures, control, measurement, losses.

Onyshchuk Oleh V. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Information Radio-Electronic Technologies and Systems, e-mail: onyschukoleg@gmail.com ;

Karlov Dmytro V. — Dr. Sc. (Eng.), Senior Researcher, Head of the Chair of Aviation Radio Technical Navigation and Landing Systems, e-mail: zeroua108@ukr.net ;

Revuzhenko Serhii V. — Master's Student of the Chair of Information Radioelectronic Technologies and Systems