

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-363-18>

УДК 621 391

БОНДАРЕНКО ОЛЕГ

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку

<https://orcid.org/0009-0000-6959-3922>

Е-mail: folec@suitt.edu.ua

СТЕПАНОВ ДМИТРО

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку

<https://orcid.org/0009-0002-8299-5402>

Е-mail: dmstepanov@ukr.net

ЖУКОВСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку

<https://orcid.org/0009-0009-2202-9860>

Е-mail: admin@suitt.edu.ua

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ

В роботі проведено визначення параметрів оцінки технічного стану (ТС) елементів волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) шляхом розподілу загального енергетичного запасу на ділянці регенерації волоконно-оптичних систем передавання (ВОСП) між елементами лінії зв'язку та знаходження рівнів їх параметрів-критеріїв відмови (ПКВ). Це дозволило встановити функціональний зв'язок між допустимими (номінальними) значеннями загасання сигналу в кожному елементі ВОЛЗ і гранично допустимими значеннями загасання сигналу A в цих елементах за рахунок їх старіння. Ці гранично допустимі значення A в кожному із елементів ВОЛЗ запропоновано прийняти як параметри-критерії параметричної відмови. За результатами розрахунку ПКВ на регенераційних ділянках ВОСП рівнів ієрархії STM-1, STM-4, STM-16 та STM-64 з метою визначення та оцінки технічного стану елементів ВОЛЗ встановлено, що в якості рівнів параметра-критерію відмови елементів по загасанню оптичного сигналу слід вибирати середні значення $\alpha_{ПКВi}$, що дорівнює $\alpha_{ПКВi} = 1,105\alpha_{ni}$ (при температурі 20 °C). Визначені рівні параметрів-критеріїв відмови елементів лінії зв'язку за загасанням оптичного сигналу можуть використовуватися для оцінки технічного стану різних елементів ВОЛЗ.

Ключові слова: волоконно-оптичні лінії зв'язку, технічний стан, параметр-критерій відмови, загасання елемента, регенераційна ділянка, старіння.

BONDARENKO OLEG, STEPANOV DMYTRO, ZHUKOVSKIY OLEKSANDR

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications

DETERMINATION OF PARAMETERS FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF FIBER-OPTICAL COMMUNICATION LINES' ELEMENTS

In the article for the assessment of the technical condition (TC) of fiber-optical communication lines' (FOCL) elements, it is proposed to determine the parameter-criterion of their parametric failure (PCF). Therefore in the article it is proposed to define the parameters for assessing the technical condition of fiber optic communication lines' elements by distributing the total energy reserve in the regeneration section of fiber optic transmission systems (FOTS) between the elements of the communication line. In known works on the reliability of FOCL and its elements, the determination and assessment of their technical condition are only partially covered. The currently accepted levels of the parameter-criterion for failure of the optical signal attenuation of elements are equal to the permissible (nominal) values of these elements from the technical specifications, and do not take into account energy reserves for compensation of attenuation due to aging of elements. It is allowed establishing a functional relation between the permissible (nominal) values of signal attenuation in each FOCL element and the maximum permissible values of signal attenuation A in these elements due to their aging. It is proposed to adopt these maximum permissible values A in each of the FOCL elements as parametric failure criteria parameters. According to the results of calculating the PCF on the regeneration sections of the FOTS of the hierarchy levels STM-1, STM-4, STM-16 and STM-64 in order to determine and assess the technical condition of the FOCL elements, it was established that the average values of $\alpha_{PCFi} = 1.105\alpha_{ni}$ (at the temperature of 20 °C) should be chosen as the levels of the parameter-criterion for failure of the elements for optical signal attenuation. The determined levels of the parameter-criteria of failure of the elements of the communication line for optical signal attenuation can be used to assess the technical condition of various FOCL elements.

Keywords: fiber-optic communication lines, technical condition, failure parameter-criterion, attenuation of element, regeneration section, aging.

Стаття надійшла до редакції / Received 21.01.2026

Прийнята до друку / Accepted 11.02.2026

Опубліковано / Published 26.03.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Бондаренко Олег, Степанов Дмитро, Жуковський Олександр

Постановка проблеми

На сьогодні в Україні та інших країнах світу транспортна електронна комунікаційна мережа та частково мережа абонентських ліній побудована на базі оптичних кабелів (ОК) різних конструкцій. Це утворює розгалужену мережу зв'язку на основі окремих волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ). До складу такої мережі ВОЛЗ входять низка активних та пасивних елементів, кожен з яких має свій рівень надійності.

Створення та удосконалення елементів волоконно-оптичних ліній зв'язку потребує оцінки їх характеристик якості та надійності, що вимагає проведення експериментальних досліджень дослідних зразків, вибірок або окремих зразків перших серій виробництва. Як основні технічні показники, що контролюються при випробуваннях, вибирається деяка сукупність вимірюваних незалежних параметрів виробів, які достатньо повно відображають найбільш суттєво зміни їхнього технічного стану.

Тому проблема створення високонадійних ВОЛЗ ґрунтується та включає в себе комплекс задач, пов'язаних з проектуванням, виготовленням складових елементів, контролем їх якості та експлуатації.

Це вимагає проведення оцінки технічного стану лінійних елементів ВОЛЗ, і, передусім, регламентації рівнів параметрів-критеріїв відмови (ПКВ) кожного її елемента, що є актуальним та необхідним при технічній експлуатації науково-технічним завданням.

Аналіз досліджень та публікацій

На сьогодні у відомих роботах, наприклад [1 – 7], з надійності ВОЛЗ та її елементів визначення й оцінка їх технічного стану висвітлені лише частково. Зокрема, в сучасних методиках із визначення надійності елементів ВОЛЗ [1 – 4] відсутні обґрунтовані дані нормування граничних станів елементів за контрольованими параметрами. Останнє вказує на настійну необхідність у визначенні та оцінці ПКВ елементів ВОЛЗ для подальшої можливості включення їх значень в ДСТУ. Крім того, у великій кількості літературних джерел зазначається, що важливим параметром будь-якого лінійного елемента (оптичного волокна, кабелю, зварного стику, конектора, спліттера, тощо) з точки зору його здатності забезпечити якість та дальність передавання є величина втрат оптичного сигналу, яка ним вноситься у лінійний тракт. Проте в нормативних документах [5, 6] зазначається лише необхідність виконання вимірювання й оцінки (з урахуванням похибки) загасання елемента та подальше його порівняння з нормованим значенням. В [7] зазначається, що допустимі зовнішні механічні впливи (в тому числі при випробуваннях) на оптичні кабелі є такими, що не спричинили обрив волокна, а зміни значення його коефіцієнта загасання не перевищують 0,01 дБ для одномодових волокон. В [8 – 10] зазначається, що механічні напруги, що виникають в матеріалі оптичного волокна під дією прикладених сил згинання/скручування, призводять до додаткових загасань сигналу і потребують їх оцінки.

Як видно з проведеного огляду літературних джерел визначення параметрів оцінки технічного стану елементів ВОЛЗ та виявлення параметрів-критеріїв їх відмови залишилися поза увагою авторів.

Метою роботи є: визначення параметрів оцінки технічного стану елементів ВОЛЗ та регламентація їх рівнів параметрів-критеріїв відмови.

Виклад основного матеріалу

Надійність роботи елементів ВОЛЗ або її елементів ділянки регенерації ВОСП залежить від контролю їх технічного стану та оптимізації технічного обслуговування при експлуатації. Контроль ТС цих елементів потребує спостереження за параметрами якості та безвідмовності роботи лінії з врахуванням процесу їх старіння і дії дестабілізуювальних факторів. Властивість «надійність» елементів ВОЛЗ виявляється в процесі експлуатації або спеціальних випробувань, тому, заходи оцінки цієї властивості можуть бути одержані на базі аналізу їхньої роботи в натурних умовах або результатів лабораторних випробувань. Оскільки фактори, що впливають на надійність ОК є випадковими, кількісні показники надійності також мають ймовірнісний характер. Відомо багато різних показників надійності: ймовірність безвідмовної роботи P , інтенсивність відмов λ , середній термін служби $t_{\text{стс}}$, час напрацювання до відмови T_0 , гама-відсотковий термін служби та ін. [1 – 3]. Як показники стану надійності, наприклад, оптичного кабелю можуть сприйматися час, цикли (перемотувань, перегинів і т.п.), імпульси (напруги, світла та ін.) [4].

Контроль ТС елементів ВОЛЗ у цілому в процесі випробувань може бути реалізований спостереженням одного параметра-критерію стану (ПКС) (скалярна задача) або ансамблю таких параметрів (векторна задача). Найбільш інформативне представлення технічного стану елемента ВОЛЗ багатовимірним вектором, координатами якого є показники, безпосередньо вимірювані в цьому елементі (прямі показники). Якщо безпосередньо оцінити ТС елемента ВОЛЗ за прямими показниками важко, або неможливо здійснити вимірювання всіх, або частини прямих показників, слід вибрати непрямі показники, що характеризують їх стан.

Для ОК від вибору контрольованих параметрів залежить тривалість і трудомісткість випробувань, витрата кабелю, комплекс необхідної вимірювальної апаратури, тривалість і складність вимірювань. Зрештою від вибору результатів вимірів контрольованих параметрів залежить цінність одержаних результатів.

Контрольовані параметри лінійних елементів ВОЛЗ можна розділити на чотири групи: оптичні, механічні, електрофізичні, фізико-кліматичні [5]. Контролювання в процесі експлуатації і лабораторних випробувань усього наведеного ансамблю параметрів зважаючи на їхню тривалість і високу вартість недоцільне. З метою скорочення числа контрольованих параметрів у кожній з перших трьох груп параметрів доцільно виділити за критерієм максимальної інформативності наступні: коефіцієнт загасання (α), ширина смуги пропускання (F), фазова постійна (β), стійкість до розтягуювальних зусиль (F_p). Зважаючи на значний вплив кліматичних дій на деградацію лінійних елементів ВОЛЗ усі атмосферно-кліматичні параметри слід вважати рівноважними і такими, що підлягають контролю при випробуваннях елементів.

При дослідженні часових залежностей і стабільності контрольованих параметрів лінійних елементів ВОЛЗ у різних натурних і екстремальних умовах основні труднощі викликають:

1. Великі витрати на проведення випробувань за рахунок високої вартості елементів і тривалості часу збирання інформації про часову зміну контрольованих параметрів досліджуваних зразків.
2. Метрологія і точність вимірювання контрольованих параметрів в умовах тривалих випробувань.
3. Відсутність достовірних методик для оцінки контрольованих параметрів зразків, що зменшують похибки вимірювання до допустимих меж.
4. Відсутність норм оцінки параметрів, що характеризують технічний стан елементів.

У даній роботі пропонується виконувати оцінку ТС елементів ВОЛЗ по прямим показникам, а саме:

загасання оптичного сигналу в елементі. У зв'язку з викладеним необхідно визначити рівні загасання оптичного сигналу, вибраного в даній роботі як параметр-критерій відмови для ОК, рознімних з'єднувачів і нерознімних з'єднань, а також установити залежність рівнів параметра-критерію відмови за контрольованим параметром ($A_{\text{ПКВ}}$) різних лінійних елементів ВОЛЗ від енергетичного запасу ВОСП на довжині її регенераційної ділянки.

Згідно з [6, 7] за параметр-критерій відмови приймаються:

1. Порушення механічної міцності ОВ (обрив);
2. Збільшення коефіцієнта загасання сигналу ОВ у ОК вище вимог, які передбачаються в технічному завданні або технічних умовах (ТУ) на кабель.

3. Механічна міцність ОВ визначається початковою (вихідною) міцністю волокна, яка забезпечується технологією його виготовлення, навантаженням і вологістю, яку має вона в кабелі [8].

Зростання значення α ОВ у кабелі з'являється за експлуатації ОК унаслідок [5]: власної деформації ОВ (мікро- та макровигинів), виділення водню через фізико-хімічні процеси в полімерних матеріалах ОК, деформації ОВ, яка викликана механічною взаємодією волокон з елементами конструкції кабелю, що в свою чергу викликає додаткові мікро- і макровигини. На основі даних положень у конструкції ОК забезпечуються необхідні умови експлуатації ОВ за рахунок підбирання матеріалів елемента кабелю та різними конструктивними рішеннями (вільним укладанням волокна і використанням армуючих елементів).

Довжина регенераційної ділянки ($l_{\text{рд}}$) ВОСП залежить від енергетичних характеристик приймально-передавальних пристроїв, параметрів ОК (коефіцієнта загасання волокна), втрат в нерознімних та рознімних з'єднувачах, тощо. Для забезпечення задовільної якості передавання сигналів зв'язку по ВОЛЗ, згідно з [7], встановлюється залежність довжини регенераційної ділянки (РД) з енергетичними співвідношеннями в лінійному тракті ВОСП за допомогою виразу:

$$l_{\text{рд}} = \frac{(P_{\text{пер}} - P_{\text{пр}}) - E_3 - \alpha_{\text{рз}} + \alpha_{\text{нз}}}{\alpha + \frac{\alpha_{\text{нз}}}{l}}, \quad (1)$$

де $P_{\text{пер}}, P_{\text{пр}}$ – абсолютні рівні потужності на виході передавального та вході приймального пристроїв, відповідно, дБм; E_3 – енергетичний запас на РД, необхідний для компенсації характеристик елементів унаслідок їхнього старіння (приймається 3 дБ), неврахованих дестабілізуювальних факторів (електроживлення, температури і т.д. – 3 дБ), а також енергетичних втрат, пов'язаних з флуктуаціями стробувальних імпульсів, неповною модуляцією джерела випромінювання та інших факторів. Енергетичний запас складає зазвичай для всієї РД 6 дБ; $\alpha_{\text{рз}}, \alpha_{\text{нз}}$ – втрати в ОВ на рознімних з'єднувачах в передавальних і приймальних пристроях (приймаються – 0,3...0,5 дБ) та втрати на нерознімних з'єднаннях будівельних довжин (приймаються – 0,1 дБ на одне з'єднання), дБ, відповідно; α – коефіцієнт загасання оптичного кабелю, дБ/км; l – будівельна довжина кабелю (як правило, приймається (2...4) км).

Суть цієї залежності полягає в тому, що рівень потужності на прийманні дорівнює рівню потужності на передаванні за вирахуванням усіх втрат ділянки регенерації з урахуванням енергетичного запасу.

Прийняті в даній час рівні параметра-критерію відмови з загасання оптичного сигналу елементів дорівнюють допустимим (номінальним) значенням $\alpha_{\text{ни}}$ цих елементів з ТУ та не враховують енергетичні запаси на компенсацію загасання за рахунок старіння елементів.

З усіх складових енергетичного запасу РД, необхідних для компенсації погіршення характеристик елементів ВОСП, необхідно звернути особливу увагу на дві складові, що компенсують старіння елемента лінії ($E_{\text{л}}$) та обладнання ($E_{\text{обл}}$). Це дозволить визначити функціональний зв'язок між допустимими (номінальними) значеннями загасання сигналу в кожному елементі ВОЛЗ і гранично допустимими значеннями загасання сигналу в цих елементах за рахунок їхнього старіння. Ці гранично допустимі значення A в кожному з елементів ВОЛЗ можна прийняти як параметри-критерій параметричної відмови, узятих з ТУ на елемент.

Складові енергетичного запасу РД необхідні для компенсації погіршення характеристик унаслідок старіння елементів ВОЛЗ ($E_{\text{сл}} = 3$ дБ) і обладнання ВОСП ($E_{\text{собл}} = 3$ дБ) є загальними для всієї сукупності елементів. Таким чином, є можливість розподілу загального енергетичного запасу РД $E_3 = E_{\text{сл}} + E_{\text{собл}}$ між елементами. Розподіл цього запасу між ОК, рознімними з'єднувачами, нерознімними з'єднаннями та іншими елементами ВОЛЗ у даній час в літературних джерелах відсутній. Точний розподіл E_3 між елементами ВОЛЗ залежить від якості кожного елемента, і може змінюватися в широких межах, для визначення яких необхідні спеціальні дослідження.

Вважаючи, що частка енергетичного запасу РД, що необхідна для компенсації погіршення їх характеристик, дорівнює $E'_3 = K \cdot E_3$, де $K = \overline{0,1}$ прийемо розподілення E'_3 між цими елементами ВОЛЗ пропорційним абсолютним величинам загасань, що вноситься кожним із них у загальне загасання тракту, яке визначається виразом:

$$\alpha_{\text{заг}} = \alpha \cdot l_{\text{рд}} + n_{\text{нз}} \alpha_{\text{нз}} + n_{\text{рз}} \alpha_{\text{рз}}, \quad (2)$$

де $\alpha_{\text{заг}}$ – загальне загасання в ОК на регенераційній ділянці ВОСП, дБ; $n_{\text{нз}}, n_{\text{рз}}$ – кількість нерознімних і рознімних з'єднань, відповідно; $\alpha_{\text{рз}}, \alpha_{\text{нз}}$ – втрати сигналу на рознімних та нерознімних з'єднаннях, відповідно, дБ.

Розрахувавши величину енергетичного запасу РД ВОЛЗ, що припадає на частку кожного елемента (E_{3i}), можна одержати рівень ПКВ за загасанням оптичного сигналу для будь-якого елемента ВОЛЗ ($\alpha_{\text{ПКВ}i}$) з виразу:

$$\alpha_{\text{ПКВ}i} = \alpha_{\text{ни}} + E'_{3i}, \quad (3)$$

де $\alpha_{ні}$ – номінальне значення загасання оптичного сигналу елементів ВОЛЗ, що нормується в ТУ на елемент, дБ; $E'_{зг}$ – частку енергетичного запасу РД ВОЛЗ, що припадає на кожний її елемент, дБ.

Для визначення в першому наближенні впливу розподілу мінімального і максимального значень E'_3 на вибір рівнів параметрів-критеріїв відмови кожного елемента ВОЛЗ були виконані розрахунки цього розподілу при $E'_3 = 1,5$ дБ та $4,5$ дБ. Такий розподіл двох складових енергетичного запасу РД є тим, коли на компенсацію погіршення характеристик ОК, рознімних з'єднувачів і нерознімних з'єднань від загальної величини $E'_3 = 6$ дБ виділяється 25 %, а на компенсацію погіршення характеристик випромінювачів і фотоприймачів – 75 %.

Для виконання цих розрахунків приймалися такі вихідні дані: чотири різні довжини регенераційної ділянки $l_{рд} = 89$ км (для СТМ-1); 128 км (для СТМ-4); 72 км (для СТМ-16) та 80 км (для СТМ-64); оптичний кабель марки ОКЛБг з оптичним волокном, що має нормований коефіцієнт загасання 0,3 дБ/км згідно Рекомендації МСЕ G.652C [11]; кількість будівельних довжин ОК $n = 23, 32, 18$ та 20 відповідно, завдовжки $l_{бд} = (4 \pm 0,2)$ км; кількість рознімних з'єднувачів $n_{рз} = 2$ (для СТМ-1) та 4 (для інших рівнів СТМ); втрати на нерознімному з'єднанні $\alpha_{нз} = 0,1$ дБ і на рознімному з'єднувачі $\alpha_{рз} = 0,5$ дБ.

Результати розрахунків часток енергетичного запасу довжини регенераційної ділянки ВОЛЗ ($E'_{зг}$), що припадає на 1 кілометр і розподілу між елементами РД: рознімним з'єднувачем ($E'_{рз}$), нерознімним з'єднанням ($E'_{нз}$) і кілометром кабелю ($E'_{ка}$) за температури 20 °С наведені в табл. 1.

Рівні ПКВ, наведені в табл. 1, можуть використовуватися за оцінки технічного стану різних елементів ВОЛЗ при температурі навколишнього середовища, що дорівнює 20 °С. Це пов'язано з тим, що при визначенні даних рівнів, у розрахунках з усіх складових енергетичного запасу, необхідних для компенсації погіршення загасання оптичного сигналу ОК, рознімних з'єднувачів і нерознімних з'єднань не враховувалася дія екстремальних температур середовища експлуатації.

Відмова від обліку другої складової $E_{дс}$, що враховує компенсацію відгуку оптичного загасання елементів на температурну дію навколишнього середовища, декілька обмежує використання рівнів ПКВ $\alpha_{ПКВі}$ (табл. 1) на температурах, що відрізняються від 20 °С. Останнє говорить про те, що рівні ПКВ з загасання оптичного сигналу, наведені в табл. 1, можуть використовуватися за оцінки технічного стану елементів ВОЛЗ, які не володіють температурною дестабілізацією параметрів.

Таблиця 1

Значення розподілу енергетичного запасу між елементами ВОЛЗ на ділянці регенерації та рівні їх ПКВ за температури 20 °С

Система передавання та її довжина ділянки регенерації, км	Енергетичний запас елементів ВОЛЗ, дБ:				Рівень ПКВ з загасанням відносно номінального значення, %:			
	– чисельник (для $E_{зг} = 1,5$ дБ); – знаменник (для $E_{зг} = 4,5$ дБ)				– чисельник (для $E_{зг} = 1,5$ дБ); – знаменник (для $E_{зг} = 4,5$ дБ)			
	загальний на 1 км	на рознімні з'єднувачі	на нерознімні з'єднання	на 1 км кабелю	загальний на 1 км	на рознімні з'єднувачі	на нерознімні з'єднання	на 1 км кабелю
СТМ-1, 89 км	<u>0,050</u> 0,150	<u>0,025</u> 0,075	<u>0,0050</u> 0,0150	<u>0,015</u> 0,045	<u>105,0</u> 115,0	<u>105,0</u> 115,0	<u>105,0</u> 115,0	<u>105,0</u> 115,0
СТМ-4, 128 км	<u>0,034</u> 0,103	<u>0,017</u> 0,051	<u>0,0034</u> 0,0103	<u>0,010</u> 0,030	<u>103,4</u> 11,2	<u>103,4</u> 110,2	<u>103,4</u> 110,3	<u>103,3</u> 110,0
СТМ-16, 72 км	<u>0,059</u> 0,177	<u>0,029</u> 0,088	<u>0,0059</u> 0,0177	<u>0,017</u> 0,051	<u>105,8</u> 117,6	<u>105,8</u> 117,6	<u>105,9</u> 117,7	<u>105,7</u> 117,0
СТМ-64, 80 км	<u>0,053</u> 0,161	<u>0,026</u> 0,080	<u>0,0053</u> 0,0161	<u>0,016</u> 0,048	<u>105,2</u> 116,0	<u>105,2</u> 116,0	<u>105,3</u> 116,1	<u>105,3</u> 116,0

Аналіз даних, наведених у табл. 1, показав, що:

– діапазон розподілу частки енергетичного запасу 6 дБ на довжині РД ВОЛЗ (від $0,25E_3$ до $0,75E_3$), що враховує тільки компенсацію старіння елементів при температурі $T_1 = 20$ °С, визначає також незначний діапазон змін рівня ПКВ $\alpha_{ПКВі}$ для всіх елементів, що становить (105,0...116,1) % щодо номінальних з ТУ значень загасання оптичного сигналу;

– за оцінки технічного стану елементів ВОЛЗ в якості рівнів параметра-критерію відмови елементів з загасанням оптичного сигналу слід вибирати середні значення $\alpha_{ПКВі}$, що рівні $\alpha_{ПКВі} = 1,105\alpha_{ні}$. Цей рівень параметра-критерію відмови елементів повинен використовуватися за оцінки їхнього ТС за температури 20 °С.

Висновки

1. В даній роботі проведено визначення параметрів оцінки технічного стану елементів ВОЛЗ шляхом розподілу загального енергетичного запасу ВОСП на її ділянці регенерації між елементами лінії зв'язку та рівнів їх ПКВ, що дозволило встановити функціональний зв'язок між допустимими (номінальними) значеннями загасання сигналу в кожному елементі ВОЛЗ і гранично допустимими значеннями загасання сигналу в цих елементах за рахунок їхнього старіння. Ці гранично допустимі значення A в кожному з елементів ВОЛЗ

запропоновано прийняти як параметри-критерії параметричної відмови за температури 20 °С.

2. За результатами розрахунку ПКВ на регенераційних ділянках ВОСП рівнів ієрархії СТМ-1, СТМ-4, СТМ-16 та СТМ-64 з метою визначення та оцінки технічного стану елементів ВОЛЗ встановлено, що в якості рівнів параметра-критерію відмови елементів по загасанню оптичного сигналу слід вибирати середні значення $\alpha_{ПКВ_i}$, що рівні $\alpha_{ПКВ_i} = 1,105 \alpha_{н_i}$.

3. Визначені рівні параметрів-критеріїв відмови елементів лінії зв'язку за загасанням оптичного сигналу, значення яких подані в табл. 1, можуть використовуватися для оцінки технічного стану різних елементів ВОЛЗ.

Література

1. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. [Введ. з 1994-12-8]. – Вид. офіц. Київ: Держстандарт України. – 1994. – 32 с.
2. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги. [Чинний від 1997-01-01]. – Вид. офіц. Київ: Держстандарт України. – 1994. – 39 с.
3. ДСТУ 2863-94. Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги. [Введ. з 1994-12-8]. – Вид. офіц. Київ: Держстандарт України. – 1994. – 37 с.
4. ITU-T Recommendation G.911. Parameters and calculation methodologies for reliability and availability of fibre optic systems, – 1997. Режим доступу: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.911>.
5. Каток В.Б. Волоконно-оптичний зв'язок / В. Б. Каток, І. Е. Руденко, Є. Г. Ранський, П. М. Однорог. – Київ, Логос. – 2015. – 481 с.
6. КНД 45-113-98. Загасання в одномодовій волоконно-оптичній елементарній кабельній секції. К.: Держкомзв'язку та інформатизації України. – 1998. – 22 с. (Керівний нормативний документ).
7. ГБН В.2.2-34620942-002:2015. Лінійно-кабельні споруди телекомунікацій. Проектування. [наказ №117 від 5.03.2015]. – Київ: Адміністрація Держспецзв'язку. – 2015. – 140 с.
8. Корчевський О. С. Механічні характеристики волоконно-оптичних кабелів / О. С. Корчевський, Л. В. Коломієць // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – Одеса. – 2015. – Вип. 2(7). – С. 68 – 72. DOI: <https://doi.org/10.32684/2412-5288-2015-2-7-68-72>.
9. The external mechanical effects on the value of additional losses in the telecommunications fiber optic cables under operating conditions / [A. Mekhtiyev, F. Bulatbayev, Y. Neshina, E. Siemens, A. Alkina and T. Shaigarayeva] // [Elektrotechnik, Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen](https://doi.org/10.13142/kt10006.43). – 2018. – Vol. 6. P. 123 – 127. DOI: [10.13142/kt10006.43](https://doi.org/10.13142/kt10006.43).
10. Бондаренко О.В. Дослідження загасання сигналу в спірально вигнутому одномодовому оптичному волокні / О.В.Бондаренко, Д.Г. Багачук, Д.М. Степанов, О.М. Стащук // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – 2016. – Вип. № 1. – С. 44 – 48.

References

1. DSTU 2861-94. Nadiinist tekhniky. Analiz nadiinosti. Osnovni polozhennia. [Vved. z 1994-12-8]. – Vyd. ofits. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. – 1994. – 32 s.
2. DSTU 2862-94. Nadiinist tekhniky. Metody rozrakhunku pokaznykiv nadiinosti. Zahalni vymohy. [Chynnyi vid 1997-01-01]. – Vyd. ofits. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. – 1994. – 39 s.
3. DSTU 2863-94. Nadiinist tekhniky. Prohrama zabezpechennia nadiinosti. Zahalni vymohy. [Vved. z 1994-12-8]. – Vyd. ofits. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. – 1994. – 37 s.
4. ITU-T Recommendation G.911. Parameters and calculation methodologies for reliability and availability of fibre optic systems, – 1997. Rezhym dostupu: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.911>.
5. Katok V.B. Volokonno-optychnyi zviazok / V. B. Katok, I. E. Rudenko, Ye. H. Ranskyi, P. M. Odnoroh. – Kyiv, Lohos. – 2015. – 481 s.
6. KND 45-113-98. Zahasannia v odnomodovii volokonno-optychnii elementarnii kabelnii sektsii. K.: Derzhkomzviazku ta informatyzatsii Ukrainy. – 1998. – 22 s. (Kerivnyi normatyvnyi dokument).
7. HBN V.2.2-34620942-002:2015. Liniino-kabelni sporudy telekomunikatsii. Proektuvannia. [nakaz №117 vid 5.03.2015]. – Kyiv: Administratsiia Derzhspetszviazku. – 2015. – 140 s..
8. Korchevskiy O. S. Mekhanichni kharakterystyky volokonno-optychnykh kabeliv / O. S. Korchevskiy, L. V. Kolomiets // Zbiryk naukovykh prats Odeskoj derzhavnoi akademii tekhnichnoho rehuliuвання ta yakosti. – Odesa. – 2015. – Vyp. 2(7). – S. 68 – 72. DOI: <https://doi.org/10.32684/2412-5288-2015-2-7-68-72>.
9. The external mechanical effects on the value of additional losses in the telecommunications fiber optic cables under operating conditions / [A. Mekhtiyev, F. Bulatbayev, Y. Neshina, E. Siemens, A. Alkina and T. Shaigarayeva] // [Elektrotechnik, Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen](https://doi.org/10.13142/kt10006.43). – 2018. – Vol. 6. P. 123 – 127.
10. Bondarenko O.V. Doslidzhennia zahasannia syhnalu v spiralny vyhnutomu odnomodovomu optychnomu volokni / O.V.Bondarenko, D.H. Bahachuk, D.M. Stepanov, O.M. Stashchuk // Mizhnarodnyi nauково-tekhnichnyi zhurnal «Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh». – 2016. – Vyp. № 1. – S. 44 – 48.