

Д. О. Черняк<sup>1</sup>

В. І. Макогон<sup>1</sup>

## ВИКОРИСТАННЯ ОПТОВОЛОКОННИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ ПРИ РОЗБУДОВІ МЕРЕЖ 5G

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*У доповіді розглянуто значення оптоволоконних ліній зв'язку для розбудови мереж п'ятого покоління (5G). Проаналізовано ключові характеристики волоконно-оптичних систем, їхню роль у забезпеченні високої пропускної здатності, наднизької затримки та надійності. Особливу увагу приділено архітектурі транспортних мереж, технологіям WDM та PON, а також питанням масштабованості, енергетичної ефективності та інформаційної безпеки. Показано, що саме оптоволоконні рішення є фундаментом для цифровізації бізнесу, розвитку інтернету речей та впровадження тактильного інтернету.*

**Ключові слова:** оптоволоконна лінія зв'язку; 5G; WDM; PON; низька затримка; масштабованість; безпека даних.

### Abstract

*The report considers the importance of fiber-optic communication lines in the deployment of fifth-generation (5G) networks. The main characteristics of optical systems, their role in ensuring high bandwidth, ultra-low latency and reliability are analyzed. Special attention is paid to transport network architecture, WDM and PON technologies, as well as scalability, energy efficiency and data security. It is shown that fiber-optic solutions form the basis for business digitalization, IoT development and tactile internet implementation.*

**Keywords:** fiber-optic communication line; 5G; WDM; PON; low latency; scalability; data security.

### Вступ

Мережі п'ятого покоління (5G) стали ключовим етапом розвитку телекомунікацій, адже вони забезпечують гігабітні швидкості, наднизьку затримку та можливість підключення мільярдів пристроїв. Для реалізації таких параметрів потрібна високопродуктивна транспортна інфраструктура, здатна підтримувати безперервний обмін даними. Саме оптоволоконні лінії зв'язку стали базовою технологією, що інтегрує радіодоступ із магістральними каналами, створюючи основу для цифрової економіки, інтернету речей та інтелектуальних сервісів [1].

### Основна частина

Оптоволоконні лінії зв'язку є ключовим елементом інфраструктури для розбудови мереж п'ятого покоління. Вони забезпечують передачу даних за допомогою світлових імпульсів, що дозволяє досягати надвисокої пропускної здатності та мінімізувати втрати сигналу. У контексті 5G це означає можливість підтримувати швидкість у сотні гігабіт на секунду, що критично для потокового відео, хмарних сервісів та індустрії розумних міст [2].

Наднизька затримка, яку забезпечує оптоволоконно, відкриває шлях до розвитку тактильного інтернету, автономного транспорту та дистанційної хірургії. Це особливо важливо для застосувань, де навіть мілісекундні затримки можуть призвести до серйозних наслідків.

Масштабованість волоконно-оптичних систем дозволяє нарощувати кількість користувачів і пристроїв без втрати якості обслуговування, що є базовою вимогою для інтернету речей.

Сучасні технології мультиплексування за довжиною хвилі (WDM) дають змогу передавати десятки й сотні незалежних каналів по одному волокну, значно збільшуючи пропускну здатність мережі. Це дозволяє операторам ефективно використовувати існуючу інфраструктуру та забезпечувати гнучке масштабування. Не менш актуальними є пасивні оптичні мережі (PON), що забезпечують доступ для великої кількості абонентів і знижують витрати на розгортання [1].

Інтеграція оптоволоконних систем із базовими станціями 5G реалізується через концепцію fronthaul–midhaul–backhaul, яка розподіляє навантаження між різними сегментами мережі [2]. Fronthaul відповідає за з'єднання між антенними блоками та базовими станціями, midhaul забезпечує взаємодію між вузлами доступу, а backhaul формує магістральні канали для виходу в глобальну мережу. Така архітектура гарантує стабільність роботи навіть у пікові години та дозволяє ефективно управляти трафіком.

Окремо слід відзначити питання безпеки та надійності. Оптоволоконні системи впроваджують механізми резервування, шифрування та захисту від кіберзагроз. Це робить їх надійною основою для критично важливих сервісів, таких як фінансові транзакції, державне управління чи медичні системи.

Таким чином, оптоволоконні лінії зв'язку не лише забезпечують технічні параметри 5G, але й формують стратегічну основу для розвитку цифрового суспільства. Їхня роль полягає у створенні високопродуктивної, масштабованої та безпечної інфраструктури, яка здатна підтримувати інноваційні сервіси майбутнього [1].

### **Висновок**

Оптоволоконні лінії зв'язку є фундаментальною складовою розбудови мереж 5G. Вони гарантують високу швидкість, низьку затримку та надійність, створюючи умови для розвитку інноваційних сервісів і цифрової економіки. Подальший розвиток технологій WDM та PON, а також інтеграція з інтелектуальними системами аналізу даних визначатимуть ефективність і масштабованість 5G у майбутньому. Крім того, оптоволоконні рішення сприяють формуванню стійкої інфраструктури, здатної витримувати зростаючі навантаження та забезпечувати захист даних. Таким чином, вони не лише відповідають сучасним вимогам, але й визначають стратегічний напрям розвитку телекомунікацій у найближчі десятиліття.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. ITU-T Recommendations on Optical Transport Networks for 5G. – Geneva : ITU, 2020.
2. Cisco Systems. Optical Networking for 5G Transport. – White Paper, 2021.

**Черняк Дарина Олегівна** – студентка групи ТСМ 25-м, факультет інформаційних електронних систем, e-mail: interfecttorem@gmail.com

**Макогон Віталій Іванович** – старший викладач кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: makogon.v.i@vntu.edu.ua

**Cherniak Daryna Olegivna** – student, Faculty of Information Electronic Systems, e-mail: interfecttorem@gmail.com

**Makogon Vitaliy Ivanovych** – Ph.D., Senior Lecturer of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: makogon.v.i@vntu.edu.ua