УДК 621.39:656.7

О. В. Онищук, О. Д. Петренко

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ ТА РАДІОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АЕРОДРОМІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ З УРАХУВАННЯМ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Анотація. *У роботі розглянуто перспективні напрями модернізації систем зв'язку та радіотехнічного забезпечення польотів аеродромів державної авіації. Проведено аналіз можливостей використання волоконно-оптичних ліній зв'язку як єдиного транспортного середовища передачі даних. Обґрунтовано доцільність побудови резервованої кільцевої архітектури мережі, впровадження технології спектрального ущільнення каналів DWDM та використання технології Radio over Fiber.*

Ключові слова: *радіотехнічне забезпечення польотів, волоконно-оптична лінія зв'язку, DWDM, Radio over Fiber, передача даних.*

Abstract. *The paper considers promising approaches to modernization of communication and radio technical flight support systems at state aviation aerodromes. The feasibility of using fiber optic communication lines, DWDM and Radio over Fiber technologies is substantiated.*

Keywords: radio technical flight support, fiber optic communication lines, DWDM, Radio over Fiber, data transmission.

Сучасний розвиток систем радіотехнічного забезпечення (РТЗ) польотів державної авіації потребує впровадження високопродуктивних і відмовостійких мереж передачі даних, здатних забезпечити ефективну взаємодію між пунктами управління польотами, радіолокаційними комплексами, навігаційними засобами, системами посадки, засобами зв'язку та технічного моніторингу. Значна частина існуючої інфраструктури аеродромів державної авіації створювалася на основі застарілих кабельних та радіорелейних систем зв'язку, які поступаються сучасним цифровим технологіям за показниками надійності, пропускної здатності та можливостями резервування [1].

Одним із найбільш перспективних напрямів модернізації є створення єдиної транспортної мережі на базі волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ). Використання оптичного середовища забезпечує високу швидкість передавання інформації, мінімальний рівень втрат сигналу, стійкість до електромагнітних завад та значний резерв пропускної здатності для подальшого розвитку аеродромної інфраструктури [1,2].

Особливу увагу під час побудови аеродромної мережі передачі даних доцільно приділяти використанню кільцевої топології ВОЛЗ. На відміну від радіальної структури, у якій пошкодження одного сегмента може призвести до втрати зв'язку з віддаленим об'єктом, кільцева архітектура забезпечує альтернативний маршрут передавання інформації. У разі пошкодження кабельної ділянки трафік автоматично спрямовується протилежною стороною кільця, що дозволяє зберегти функціонування критично важливих систем управління польотами. В умовах сучасних загроз та можливих бойових пошкоджень такий підхід є важливим фактором підвищення живучості аеродромної телекомунікаційної інфраструктури [3].

Подальший розвиток мереж передачі даних доцільно здійснювати із застосуванням технології спектрального ущільнення каналів DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing). Використання DWDM дозволяє передавати декілька незалежних інформаційних потоків різного призначення по одному оптичному волокну із використанням окремих довжин хвиль. Це забезпечує ефективне використання існуючої кабельної інфраструктури та створює можливість виділення окремих логічних каналів для систем радіолокації, автоматизованих систем управління

польотами, служб голосового зв'язку, передачі метеорологічної інформації, відеоспостереження та технічного моніторингу [2].

Важливою перевагою технології DWDM є можливість подальшого масштабування мережі без необхідності прокладання нових волоконно-оптичних ліній. У процесі модернізації аеродромної інфраструктури це дозволяє впроваджувати нові інформаційні сервіси та радіотехнічні засоби без значних додаткових витрат на створення транспортного середовища передачі даних.

Перспективним напрямом розвитку систем РТЗ є використання технології Radio over Fiber (RoF), яка передбачає передавання радіочастотних сигналів по волоконно-оптичних лініях зв'язку [4]. Основною перевагою такого підходу є можливість централізації радіотехнічного обладнання та передавання сигналів до віддалених антенних постів без значного погіршення характеристик сигналу.

Використання Radio over Fiber дозволяє скоротити кількість активного обладнання на віддалених позиціях аеродрому, спростити технічне обслуговування та підвищити надійність функціонування систем зв'язку і навігації. Технологія може бути використана для передавання сигналів засобів повітряного радіозв'язку, систем інструментальної посадки, багатопозиційних систем спостереження, перспективних засобів навігації та інших елементів інфраструктури РТЗ .

Важливим напрямом модернізації є також інтеграція систем технічного моніторингу до єдиного цифрового середовища передачі даних. Централізований моніторинг дозволяє здійснювати безперервний контроль технічного стану обладнання, оперативно виявляти несправності та прогнозувати можливі відмови. Такий підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку аеронавігаційних систем та рекомендаціям міжнародних авіаційних організацій щодо цифровізації аеродромної інфраструктури [5].

Таким чином, перспективним напрямом модернізації систем зв'язку та радіотехнічного забезпечення польотів аеродромів державної авіації є створення єдиної волоконно-оптичної транспортної мережі передачі даних з кільцевою топологією. Використання технології DWDM забезпечує ефективне використання ресурсів оптичної мережі та можливість її масштабування, а технологія Radio over Fiber створює передумови для централізації радіотехнічних засобів і підвищення ефективності їх експлуатації. Комплексне застосування зазначених рішень дозволяє підвищити надійність, відмовостійкість та готовність аеродромної інфраструктури до функціонування в умовах інтенсивної експлуатації та можливих зовнішніх впливів.

Список використаних джерел

1. Federal Aviation Administration. Airport Fiber Optic Transmission System : FAA-STD-061. Washington, DC : FAA, 2003. URL: https://imlive.s3.amazonaws.com/Federal%20Government/ID175373649622608126051533904902088129494/Attachment%20J-11_FAA-STD-061.pdf (дата звернення: 22.05.2026).

2. Onyshchuk O.V. Fibre Optic Transmission System Architecture for Critical Air Traffic Support Systems/ O.V. Onyshchuk, D.V. Karlov // XXII міжнародна наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба “Новітні технології – для захисту повітряного простору”: тези доповідей, 08 – 09 квітня 2026 року. – Х.: ХНУПС ім. І. Кожедуба, 2026. – с.390

3. Onyshchuk O.V. Airport Cable Loop System for Critical Air Traffic Support Systems / O.V. Onyshchuk, O.V. Vysotskyi // XXII міжнародна наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба “Новітні технології – для захисту повітряного простору”: тези доповідей, 08 – 09 квітня 2026 року. – Х.: ХНУПС ім. І. Кожедуба, 2026. – с.391

4. Hasan M. Z., Alam M. R., Rashid M. M. An Overview of Radio over Fiber (RoF) Technology. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/339263533_An_Overview_of_Radio_over_Fiber_RoF_Technology (дата звернення: 16.10.2026).

6. International Civil Aviation Organization. New ICAO standards for future air navigation and safety. Montréal : ICAO, 2025. URL: https://www.icao.int/news/new-icao-standards-future-air-navigation-and-safety (дата звернення: 22.05.2026).

Онищук Олег Володимирович *– к.т.н., доцент кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків e-mail: onyschukoleg@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0009-0004-3225-7940.*

Петренко Олексій Дмитрович *– слухач 464С групи, факультет автоматизованих систем управління та наземного забезпечення, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: vervoxell@gmail.com.*

Onyshchuk Oleh *– Ph.D., Associate Professor of Department of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: onyschukoleg@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0009-0004-3225-7940.*

Petrenko Oleksii *– student of Group 464C, Faculty of Automated Control Systems and Ground Support, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: vervoxell@gmail.com.*