УДК 623.746-519:621.384.3

І. А. Пасічнюк, А. О. Солдатенко, О. І. Льова

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНОГО КЛАСУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ОБЄКТІВ В УМОВАХ НИЗЬКОГО ТЕРМОКОНТРАСТУ ТА СКЛАДНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ

Анотація. *Розглянуто проблему зниження ефективності оптико-електронних систем (ОЕС) безпілотних літальних апаратів оперативно-тактичного класу в умовах обмеженої видимості, яка спричиняється атмосферними явищами і зниженням температурного контрасту. Розглянуто перспективи запровадження в ОЕС сенсорів короткохвильового інфрачервоного діапазону, як додаткового інформаційного каналу. Запропоновано концепцію адаптивної мультиспектральної ОЕС із автоматичним вибором оптимального каналу в залежності від умов обстановки в якій ведеться повітряне спостереження.*

Ключові слова: *безпілотний літальний апарат, оптико-електронна система, інфрачервоний діапазон, повітряна розвідка.*

Abstract. *The problem of reduced efficiency of optoelectronic systems (OES) of operational-tactical class unmanned aerial vehicles (UAVs) under limited visibility caused by atmospheric phenomena and reduced temperature contrast is considered. The prospects of introducing short-wave infrared (SWIR) sensors into OES as an additional information channel are examined. A concept of an adaptive multispectral OES with automatic selection of the optimal channel depending on the conditions of the situation in which aerial observation is conducted is proposed.*

Keywords: *unmanned aerial vehicle, optoelectronic system, infrared range, aerial reconnaissance.*

Досвід ведення повітряної розвідки в інтересах ведення бойових дій свідчить, що ефективність виконання завдань безпілотними літальними апаратами (БпЛА) з виявлення об'єктів критично залежить від спроможності їх оптико-електронних систем (ОЕС) функціонувати в умовах обмеженої видимості і низької освітленості. На дальність виявлення і розпізнавання наземних об'єктів ОЕС інфрачервоного діапазону суттєвий вплив спричиняють атмосферні явища – туман, дощ [1], низька хмарність або штучне задимлення (пожежі, аерозольне маскування). Крім цього, виявлення і ідентифікація об'єктів з використанням ОЕС інфрачервоного діапазону може додатково ускладнюватись через низький температурний контраст. Під час проходження інфрачервоного випромінювання через вологу атмосферу або задимлене середовище його ослаблення зумовлюється впливом аерозольного розсіювання та молекулярного поглинання водяною парою [1].

На БпЛА оперативно-тактичного класу використовуються ОЕС, наприклад, Aselsan CATS (Турецька Республіка), які здійснюють ідентифікацію цілей у середньохвильовому інфрачервоном діапазоні (довжина хвилі 3-5 мкм [2]) та телевізійні камери видимого спектру. Застосування ОЕС у середньохвильовому інфрачервоному діапазоні може спричиняти пропускання об'єктів через те, що розміри дрібних крапель води у тумані (1-5 мкм) та часток сажі (0,1-3 мкм) в диму є співрозмірними з зазначеним діапазоном та призводить до інтенсивного розсіювання і поглинання електромагнітного випромінювання [3]. Зазначене зменшує дальність виявлення і ідентифікації об'єктів інтересу в складних погодних умовах.

Одним з шляхів подолання зазначених перешкод є інтегрування в ОЕС сенсорів короткохвильового інфрачервоного діапазону (довжина хвилі 0,9-1,7 мкм) в якому отримання інформації здійснюється за рахунок фіксування відбитого випромінювання на відміну від середньохвильового діапазону, в якому детектується переважно власне випромінювання об'єктів. Зазначена концепція реалізована в багатоспектральній ОЕС AN/DAS-4 компанії Raytheon (Сполучені Штати Америки), яка використовується на БпЛА оперативно-тактичного класу MQ-9 Reaper Block 5 [4].

Водночас ОЕС, які працюють у короткохвильовому інфрачервоному діапазоні не можна вважати універсальним засобом виявлення об'єктів в умовах туману. Ефективність кожного

спектрального каналу буде визначатись конкретними характеристиками атмосфери, концентрацією та розміром аерозольних частинок, вмістом водяної пари, віддаленістю від ОЕС та властивостями об'єкту інтересу [5].

З огляду на це пропонується розглянути можливість застосування адаптивної мультиспектральної ОЕС, яка буде отримувати інформацію про об'єкти інтересу в видимому спектрі, середньохвильовому і короткохвильовому інфрачервоних спектрах. Основними критеріями такого вибору можуть бути рівень контрасту об'єкта, стан атмосфери, співвідношення сигнал/шум, кількість просторових елементів об'єкту та якість отриманого зображення [6].

Іншими напрямами підвищення можливостей виявлення об'єктів з БпЛА оперативно-тактичного класу може бути покращення характеристик ОЕС за рахунок підвищення температурної чутливості та співвідношення сигнал/шум матричних фотоприймачів, оптимізації оптичних систем, підвищення точності стабілізації лінії візування та алгоритмів обробки даних безпосередньо на борту БпЛА.

Список використаних джерел:

1. Bessonov, A.; Rozanov, A.; White, R.; Suwito, G.; Medina-Salazar, I.; Lutfullin, M.; Gusev, D.; Shikov, I. All-Weather Drone Vision: Passive SWIR Imaging in Fog and Rain. Drones 2025, 9, 553. URL: https://doi.org/10.3390/drones9080553 (дата звернення: 06.10.2026);
2. CATS electro-optical reconnaissance, surveillance and targeting system, URL: https://cdn.aselsan.com/aselsanweb-prod/documents/capabilities/products/brochure/cats/cats-en.pdf#page=1.00 (дата звернення: 08.10.2026);
3. Argirusis, N.; Achilleos, A.; Alizadeh, N.; Argirusis, C.; Sourkouni, G. IR Sensors, Related Materials, and Applications. Sensors 2025, 25, 673. https://doi.org/10.3390/s25030673 (дата звернення: 09.10.2026).
4. MQ-9A Block 5 ready to day for what's ahead. https://www.ga-asi.com/images/products/aircraft_systems/pdf/2509_MQ-9A-BLK-5_E.pdf (дата звернення: 09.10.2026);
5. Well-Structured Visible-LWIR Image Fusion via Feature-Based Fusion and DDPM with Thermal Saturation Suppression. Mathematics. 2026. Vol. 14, No. 11. P. 1969. URL: https://doi.org/10.3390/math14111969 (дата звернення: 04.09.2026);
6. Target Clustering Recognition Method Based on SWIR and MWIR Spectral Fusion. HONGWAI. 2025. Vol. 47, No. 10. P. 1333. URL: https://researching.cn/hongwai/volumes/47/issues/10 (дата звернення: 20.09.2026);

Пасічнюк Ігор Анатолійович *– курсант 244 навчальної групи Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків, e-mail: sopina609@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0009-0000-6888-7304*

Солдатенко Анна Олексіївна *– здобувач другого рівня вищої освіти Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків, e-mail: soldatenkoana2511@gmail.com ORCID ID: 0009-0000-5882-2638*

Льова Олег Іванович *– заступник начальника кафедри експлуатації і застосування безпілотних авіаційних систем та комплексів повітряної розвідки Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків, e-mail: lllowwwa@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0009-0002-3636-006X*

Ihor Pasichniuk *– cadet of the 244th training group of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: sopina609@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0009-0000-6888-7304*

Soldatenko Anna Oleksiivna *– applicant for the second level of higher education at Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: soldatenkoana2511@gmail.com, ORCID ID: 0009-0000-5882-2638*

Lova Oleh Ivanovich *– Deputy Head of the Chair of Operation and Application of Unmanned Aviation Systems and Air Reconnaissance Complexes of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: lllowwwa@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0009-0002-3636-006X*