

О. М. Сорочкін, Ю. В. Шелест, Д. І. Кравченко, Д. О. Васильченко

РОЗВИТОК АВІАЦІЙНИХ РАКЕТ КЛАСУ «ПОВІТРЯ–ПОВІТРЯ»

Анотація: у роботі проведений аналітичний огляд сучасних тенденцій розвитку авіаційних ракет класу «повітря–повітря» (ААМ). Досліджено технологічні напрями модернізації систем наведення, сенсорної інтеграції, використання штучного інтелекту (ШІ) у системах управління та впровадження мережевоцентричних концепцій бойового застосування. На основі аналізу наукових публікацій 2020–2025 рр. визначено основні тренди: підвищення автономності, впровадження алгоритмів машинного навчання, стійкість до радіоелектронного протиборства та інтеграція ракет у бойові платформи нового покоління.

Ключові слова: авіаційне озброєння, ракети класу «повітря–повітря», штучний інтелект, наведення, сенсорна інтеграція, мережевоцентрична війна, автономні системи.

Annotation: the paper presents an analytical review of current trends in the development of air-to-air missiles (AAM). The study examines technological directions in the modernization of guidance systems, sensor integration, the use of artificial intelligence (AI) in control systems, and the implementation of network-centric combat concepts. Based on the analysis of scientific publications from 2020–2025, the main trends are identified: increased autonomy, the introduction of machine learning algorithms, enhanced resistance to electronic warfare, and the integration of missiles into next-generation combat platforms.

Key words: air armament, air-to-air missiles, artificial intelligence, guidance, sensor integration, network-centric warfare, autonomous systems.

Розвиток засобів повітряного нападу та оборони вимагає постійного вдосконалення ракет класу «повітря–повітря», які є основним засобом ведення повітряного бою. Зі зростанням швидкостей, маневровості та інформаційної насиченості бойових дій з'являються нові вимоги до адаптивності, точності та інформаційної взаємодії озброєння.

Наукові дослідження останніх років [Yao et al., 2023; Wang & Zhou, 2024] свідчать про активну інтеграцію інтелектуальних систем у процес наведення ракет, а також про перехід від ізольованих систем до мережевоцентричних структур управління боєм.

Метою роботи є узагальнення сучасних тенденцій розвитку авіаційних ракет класу «повітря–повітря» з урахуванням технологічних і концептуальних змін у системах керування, наведення та бойового застосування.

Сучасні ААМ характеризуються поєднанням автономного наведення з підтримкою зовнішніх каналів цілевказування. Такий підхід, що реалізується в рамках sensor fusion, дозволяє поєднати дані від різних типів сенсорів, забезпечуючи стійкість до перешкод і підвищення точності ураження [Zhao et al., 2022].

Згідно з дослідженнями Kim & Lee (2024), адаптивні нейромережеві алгоритми дозволяють прогнозувати маневри цілі та коригувати траєкторію в реальному часі, що підвищує ймовірність ураження при складних динамічних умовах бою.

Одним із ключових напрямів розвитку є впровадження ШІ у системи наведення. Алгоритми машинного навчання забезпечують здатність до самонавчання й адаптації до мінливих бойових ситуацій [Chen & Wang, 2021; Yao et al., 2023].

Такі системи дають змогу прогнозувати дії противника, зменшуючи потребу в безпосередньому зовнішньому керуванні — критично важливо в умовах інформаційних обмежень або РЕБ.

У рамках концепції network-centric warfare ракета розглядається як елемент спільної інформаційної системи. Це дає змогу обмінюватися даними про обстановку між літальними апаратами, підвищуючи ефективність групових дій [Vashchenko & Petrov, 2023; Yuan & Liu, 2023].

Розвиток активних антенних решіток і мультиспектральних сенсорів (інфрачервоних, радіолокаційних, оптичних) забезпечує зростання точності та надійності наведення навіть в умовах радіоелектронного протиборства [Zhao et al., 2022].

Паралельно з інтелектуалізацією зростає інтерес до вдосконалення енергетичних характеристик. Прямоточні повітряно-реактивні двигуни (ramjet, scramjet) забезпечують більшу дальність та гнучкість керування тягом [Singh & Yadav, 2020; Almeida & Peterson, 2022]. Це дозволяє створювати ракети з «адаптивним польотом» і динамічним розподілом енергії під час перехоплення.

Із розвитком платформ 6-го покоління змінюється роль ракети: вона стає частиною інтегрованої бойової мережі, у якій взаємодіє з пілотованими та безпілотними системами [Reed & Holtz, 2025]. Такі ракети здатні виконувати завдання колективного ураження, обмінюватися даними та координувати траєкторії у реальному часі.

Розвиток ракет класу «повітря–повітря» демонструє перехід від лінійного вдосконалення характеристик до комплексної інтеграції інтелектуальних і мережових технологій. Основні тенденції — це підвищення автономності, використання алгоритмів машинного навчання, стійкість до РЕБ і створення систем, що діють у єдиному інформаційному середовищі.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на удосконалення алгоритмів ШІ, підвищення кіберстійкості систем і розробку стандартів взаємодії в межах інтегрованих бойових платформ.

Список використаних джерел:

1. Yao, S., Wang, X., Zhang, Q. Intelligent guidance and control technologies for future air-to-air missiles: A review. *Chinese Journal of Aeronautics*, 2023, 36(8), 97–115. DOI: 10.1016/j.cja.2023.02.004.
2. Kim, D., Lee, J. Adaptive neural network-based guidance for maneuvering targets. *Aerospace Science and Technology*, 2024, 147, 108634. DOI: 10.1016/j.ast.2024.108634.
3. Zhao, Y., et al. Advances in multi-sensor fusion for missile seekers under electronic countermeasures. *Sensors*, 2022, 22(11), 4145. DOI: 10.3390/s22114145.
4. Vashchenko, V., Petrov, A. Trends in air combat missile technology: Network-centric approaches. *Defence Technology*, 2023, 19(5), 820–833. DOI: 10.1016/j.dt.2023.01.002.
5. Chen, R., Wang, T. Machine learning-based trajectory optimization for modern AAMs. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 2021, 44(9), 1802–1815. DOI: 10.2514/1.G005432.
6. Singh, R., Yadav, M. Next-generation propulsion systems for long-range air-to-air missiles. *Propulsion and Power Research*, 2020, 9(3), 203–211. DOI: 10.1016/j.jprr.2020.07.006.
7. Wang, L., Zhou, D. AI-driven sensor fusion in networked air combat systems. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 2024, 60(2), 1684–1696. DOI: 10.1109/TAES.2024.3346512.
8. Almeida, M., Peterson, J. Trends in missile propulsion and energy-efficient control. *AIAA Propulsion Conference Proceedings*, 2022, Paper 2022-3756. DOI: 10.2514/6.2022-3756.
9. Reed, B., Holtz, D. Cooperative engagement and distributed lethality in sixth-generation air combat. *Journal of Defense Modeling and Simulation*, 2025, 22(1), 56–70. DOI: 10.1177/1548512924123129.
10. Yuan, D., Liu, P. Integration of network-centric missile systems for multi-domain operations. *Aerospace Defense Review*, 2023, 31(2), 140–152.

Сорочкін Олександр Миколайович - старший викладач кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: aozhnups@gmail.com, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8336-9978>

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Шелест Юрій Вікторович - здобувач вищої освіти ступеня бакалавр кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: aozhnups@gmail.com, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Кравченко Данило Іванович - здобувач вищої освіти ступеня бакалавр кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: aozhnups@gmail.com, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Васильченко Дмитро Олексійович - здобувач вищої освіти ступеня бакалавр кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: aozhnups@gmail.com, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Oleksandr Sorochkin - senior lecturer of the Department of Aviation Weapons Complexes, aozhnups@gmail.com, e-mail: aozhnups@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumka 77/79, 61023.

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8336-9978>

Yurii Shelest – higher education applicant with a bachelor's degree in the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: aozhnups@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumka 77/79, 61023.

Danilo Kravchenko – higher education applicant with a bachelor's degree in the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: aozhnups@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumka 77/79, 61023.

Dmytro Vasylychenko – higher education applicant with a bachelor's degree in the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: aozhnups@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumka 77/79, 61023.