

Сорочкіна О. О., Даценко А. В., Юрковська О. Ю., Грицай П. В.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КЕРОВАНОГО РАКЕТНОГО ОЗБРОЄННЯ БОЙОВИХ ЛІТАКІВ ДЛЯ УРАЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ НА СЕРЕДНІЙ ВІДСТАНІ

Анотація. У роботі представлено аналіз ключових напрямків еволюції авіаційних ракет класу “повітря – повітря” (ААМ) середньої дальності, з акцентом на їх інтеграцію в сучасні системи повітряного бою. Розглянуто роль штучного інтелекту (ШІ) у підвищенні ефективності бойового застосування авіаційних керованих ракет, тенденцій розвитку мультиспектральних сенсорів для забезпечення стійкості до перешкод та формування так званих “кооперативних груп”. На основі огляду останніх публікацій визначено, що майбутнє авіаційного керованого ракетного озброєння пов’язане з досягненням повної автономності, інформаційною взаємодією в єдиному мережевому полі та підвищенням енергобалістичних характеристик ракет.

Ключові слова: кероване ракетне озброєння, ракети середньої дальності, штучний інтелект, мультисенсорні системи, кіберстійкість, адаптивний політ, мережева інтеграція.

Annotation. The paper presents an analysis of the key trends in the evolution of medium-range air-to-air missiles (AAM), with an emphasis on their integration into modern air combat systems. It examines the role of artificial intelligence (AI) in improving the combat effectiveness of guided missiles, trends in the development of multispectral sensors to ensure resistance to interference, and the formation of so-called “cooperative groups.” Based on a review of recent publications, it has been determined that the future of guided missile weapons is linked to achieving full autonomy, information interaction in a single networked field, and improving the energy-ballistic characteristics of missiles.

Key words: guided missile armament, medium-range missiles, artificial intelligence, multisensor systems, cyber stability, adaptive flight, network integration.

Постійне вдосконалення авіаційних платформ та засобів радіоелектронного протиборства (РЕБ) вимагає суттєвої модернізації керованого ракетного озброєння. Для забезпечення переваги в повітряному бою ракети середньої дальності повинні демонструвати не лише високі енергобалістичні характеристики (ЕБХ), але й інтелектуальну здатність адаптуватися до швидкоплинних змін бойової обстановки. Сучасні дослідження підтверджують неминучість переходу від традиційних “ізольованих” систем до мережевоцентричних і високоавтономних боєприпасів. [Reed B. & Holtz D., 2025; Yuan D. & Liu P., 2023].

Метою роботи є узагальнення провідних тенденцій розвитку керованого ракетного озброєння для ураження повітряних цілей на середній відстані, що обумовлені інтеграцією новітніх технологій у сферах наведення, управління та бойового застосування. [Yao S. et al., 2023].

Ключовим напрямком є впровадження ШІ для підвищення рівня автономності. Алгоритми машинного навчання використовуються для оптимізації траєкторії, дозволяючи ракетам самостійно обирати найбільш ефективну траєкторію (маршрут ураження цілі) в умовах складного маневрування. Застосування нейромережевих моделей дозволяє ракетам прогнозувати свої дії відповідно до обраної цілі та динамічно коригувати параметри польоту без постійного зовнішнього втручання, що є критичним при втраті зв'язку. [Yao S. et al., 2023; Wang L. & Zhou D., 2024].

Для забезпечення надійності ураження в умовах впливу інтенсивної радіоелектронної боротьби (РЕБ) відбувається поглиблення сенсорної інтеграції (sensor fusion). Сучасні головки самонаведення (ГСН) ракет комбінують дані від мультиспектральних сенсорів: активних радіолокаційних станцій, мультиспектральних пасивних ІЧ-матриць, і, в деяких випадках, інших оптичних каналів. Злиття даних з різних джерел забезпечує формування “імунно стійкого” зображення цілі, що дозволяє ракеті ігнорувати шумові та імітаційні перешкоди, які можуть бути ефективними проти моноспектральних систем. Впровадження активних електронно-керованих антенних решіток (АЕКР) в структуру інформаційного каналу ГСН забезпечує швидке перемикавання частот та формування складних діаграм спрямованості, що значно послаблює вплив на них засобів РЕБ противника.

Ракета середньої дальності сьогодні інтегрується у концепцію “network-centric warfare”, діючи як активний вузол єдиної інформаційної мережі. Це дозволяє ракетам обмінюватися даними з іншими літальними апаратами (пілотованими чи БПЛА) та іншими ракетами,

формує так звані “кооперативні групи” для підвищення ефективності залпу. Паралельно зростає інтерес до вдосконалення силових установок ракет, зокрема, до використання прямоточних повітряно-реактивних двигунів (ramjet) та технологій гнучкого керування тягою, що забезпечує значне збільшення дальності польоту ракети і високу маневреність на кінцевій ділянці траєкторії.

Аналіз тенденцій розвитку керованого ракетного озброєння для ураження повітряних цілей на середній відстані вказує на зміщення акцентів на глибоку інтеграцію інтелектуальних систем та мережових можливостей.

Основними векторами розвитку є:

- досягнення повної тактичної автономності за рахунок складних алгоритмів ІІІ;
- мультисенсорне злиття даних для підвищення стійкості до впливу РЕБ та точної селекції цілей;
- мережевоцентрична взаємодія для забезпечення колективного ураження.

Подальші дослідження та розробки мають бути спрямовані на удосконалення алгоритмів ІІІ для підвищення надійності в умовах повної невизначеності та стандартизацію протоколів (наприклад, сумісних з Link-16/Link-22) для безшовної інтеграції ракет у складні бойові системи 6-го покоління, включаючи системи класу Loyal Wingman. [Yuan D. & Liu P., 2023; Reed B. & Holtz D., 2025].

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.

Даценко Андрій Володимирович - старший викладач кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: drunya907@gmail.com, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5019-7978> Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Сорочкіна Олександра Олександрівна - здобувач вищої освіти ступеня магістр кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: aleksandrulucaninova1@gmail.com, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків ORCID <https://orcid.org/0009-0008-0500-4744> Харківський національний університет

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

Юрковська Олександра Юрївна - здобувач вищої освіти ступеня магістр кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: chermynikh@gmail.com, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків ORCID <https://orcid.org/0009-0006-6728-808X> Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Грицай Павло Віталійович - здобувач вищої освіти ступеня магістр кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: grizaypasha@gmail.com, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків ORCID <https://orcid.org/0009-0004-0313-8029> Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Andrii Datsenko- senior lecturer of the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: drunya907@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumska 77/79, 61023. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5019-7978>

Oleksandra Sorochkina– master's degree candidate in the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: aleksandralucaninova1@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumska 77/79, 61023. ORCID <https://orcid.org/0009-0008-0500-4744>

Oleksandra Yurkovska – master's degree candidate in the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: chermynikh@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumska 77/79, 61023. ORCID <https://orcid.org/0009-0006-6728-808X>

Pavlo Hrytsai – master's degree candidate in the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: grizaypasha@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumska 77/79, 61023. ORCID <https://orcid.org/0009-0004-0313-8029>