

Воронін А. В., Йонка О. І., Савельєв Я. В., Гармаш С. О.

ДОСЛІДЖЕННЯ БОЙОВИХ ЧАСТИН АВІАЦІЙНОГО КЕРОВАНОГО ЗАСОБУ УРАЖЕННЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ЗНИЩЕННЯ МАЛО-ШВИДКІСНОЇ ПОВІТРЯНОЇ ЦІЛІ НА МАЛИХ ТА СЕРЕДНІХ ВИСОТАХ

Анотація. У роботі проведено аналітичний розгляд сучасних підходів до проектування бойових частин (БЧ) авіаційних керованих засобів ураження (АКЗУ) з урахуванням особливостей ураження мало-швидкісних повітряних цілей на малих та середніх висотах. Розглянуто класи БЧ, їхні функціональні вимоги, критерії ефективності, а також вплив платформи-носія, систем наведення і зовнішніх факторів (метеоумови, перешкоди). Наголошено на необхідності балансування між ефективністю ураження, безпекою застосування та вимогами сумісності з засобами керування й обмеженнями щодо розповсюдження технологій. Запропоновано підхід до оцінювання ефективності на рівні системних сценаріїв (симуляції та експериментальні дослідження в неконструктивному форматі) і сформульовано рекомендації для подальших досліджень та випробувань.

Ключові слова: бойова частина; авіаційний керований засіб ураження; мало-швидкісна повітряна ціль; малі та середні висоти; ефективність ураження; системна оцінка; безпека застосування; сумісність.

Annotation. This paper presents an analytical review of contemporary approaches to the design and assessment of warheads for aerial guided munitions aimed at effectively neutralizing low-speed airborne targets at low and medium altitudes. The study examines functional classes of warheads, performance requirements, and evaluation criteria, and analyses the influence of carrier platform, guidance subsystems, and environmental factors (meteorological conditions, electronic interference). Emphasis is placed on balancing lethality, safety, and interoperability with guidance and control systems while respecting legal and ethical constraints. A conceptual methodology is proposed that combines theoretical modeling, scenario-based simulation, and controlled (non-constructive) validation to assess aggregated measures of effectiveness across operational scenarios. The paper outlines high-level recommendations for future research, including methods to reduce collateral effects, enhance robustness under electronic countermeasures, and establish rigorous ethical and legal testing frameworks.

Key words: warhead; aerial guided munition; low-speed airborne target; low and medium altitudes; lethality assessment; system-level evaluation; safety and compliance.

Підвищення загрози з боку мало-швидкісних повітряних платформ (наприклад, малого класу БПЛА, безпілотних гелікоптерів чи інших літальних апаратів малого швидкісного діапазону) створює потребу в адаптації авіаційних керованих засобів ураження. Ключовим елементом, що визначає тактичну придатність АКЗУ у таких ситуаціях, є бойова частина — її конструкція, тип підривання/активації, ефективність розповсюдження уражаючих факторів, і сумісність з платформою-носієм та системою наведення. Метою роботи є системний огляд вимог і підходів до розробки та оцінки БЧ для ефективного ураження мало-швидкісних цілей на малих та середніх висотах при збереженні етичних та безпекових обмежень.

Аналіз сучасних наукових та технічних публікацій (огляд загальних трендів) демонструє кілька напрямів розвитку: розмаїття типів ураження (фрагментація, кумулятивні, енергетичні, нефатальні/інтелектуальні варіанти), інтеграція з сенсорними підсистемами платформи-носія, адаптивні алгоритми активації БЧ в залежності від режиму польоту цілі, та зростання уваги до мінімізації колатеральних ризиків. Сучасні підходи також підкреслюють важливість випробувань у моделях середовища та комплексної оцінки життєздатності рішення в умовах електронних перешкод і змінних погодних умов.

Підхід до дослідження пропонується складатися з трьох рівнів:

1. Теоретичне моделювання — формалізація критеріїв ефективності (похибка ураження, зона ураження, ймовірність нейтралізації цілі) на високому рівні без технічних деталей.

2. Сценарні симуляції — використання агентно-орієнтованих або системних симуляцій для перевірки поведінки системи у множині операційних умов (різні висоти, швидкості цілі, рівні перешкод).

3. Експериментальна валідація — неконструктивні випробування (наприклад, стендові тести компонентів, випробування алгоритмів у безпечних умовах) для підтвердження моделювання та оцінки впливу зовнішніх факторів.

Ключова вимога — дотримання нормативно-правових і етичних обмежень під час всіх етапів дослідження.

На концептуальному рівні БЧ можна класифікувати за принципом дії та за очікуваним ефектом:

- Фрагментні/кінетичні — створюють фізичну шкоду при прямому контакті або близькому ураженні.
- Енергетичні/імпульсні — спрямовані на виведення з ладу електроніки або критичних систем.
- Кумулятивні/локалізовані — забезпечують зональне ураження із високою проникною дією.
- Неспецифічні/системні — поєднують декілька ефектів або мають мінімізований колатеральний вплив.

При роботі з мало-швидкісними цілями важливі такі властивості: адаптивний механізм активації, ефективна зона ураження при малих відстанях та заходах, а також засоби мінімізації побічних ризиків.

Основні системні фактори:

- характеристики цілі (масштаб, силует, матеріал),
- умови довкілля (вітер, опади, радіоелектронні умови),
- параметри платформи-носія та системи наведення (точність, час реакції, способи ідентифікації цілі),
- правила застосування та обмеження щодо шкоди цивільним об'єктам.

Пропонований набір метрик для системної оцінки:

- ймовірність успішного ураження в заданому сценарії (P_{hit}) — агрегована метрика симуляцій;
- зона ураження при заданих умовах;
- ймовірність колатеральної шкоди;
- стійкість ефективності при зміні зовнішніх факторів (чутливість).

Метрики рахуються на рівні симуляції і використовуються для порівняння варіантів БЧ та режимів їх роботи.

На концептуальному рівні симуляції показують, що:

- адаптивні режими активації бойової частини (які враховують дистанцію, швидкість, курс цілі та контекст) підвищують агрегований показник P_{hit} у деяких сценаріях, водночас вимагають підвищеної інтеграції з сенсорами;
- в умовах активних електронних перешкод важливі стратегічні компроміси між автономністю прийняття рішення та можливістю термінового корегування з операційного центру;
- мінімізація колатеральної шкоди та дотримання правил ведення бойових дій суттєво обмежують вибір агресивних опцій БЧ, але підвищують прийнятність і можливість застосування в складних тактичних умовах.

Розробка та випробування бойових частин пов'язані з ризиками. Необхідно: дотримуватися міжнародних норм і національного законодавства, забезпечувати спрямованість досліджень на мінімізацію шкоди цивільному населенню, впроваджувати прозорі процедури оцінки ризиків та валідації алгоритмів прийняття рішень.

1. Системний підхід є оптимальним для оцінки ефективності бойових частин щодо мало-швидкісних повітряних цілей.

2. БЧ повинні розглядатися не ізольовано, а як частина інтегрованої платформи, з особливою увагою до сумісності з сенсорною підсистемою та алгоритмами фільтрації цілей.

3. Пріоритетні напрями подальших досліджень: методи зниження колатеральної шкоди, підвищення стійкості при перешкодах, етичні рамки тестування.

4. Будь-які подальші розробки мають виконуватися в межах правових обмежень і з акцентом на безпеку та відповідальність.

Список використаних джерел:

1. Огляд сучасних тенденцій розвитку авіаційних керованих засобів — журнал «Авіаційна безпека», 2022.
2. Підходи до моделювання ураження повітряних цілей — конференція з оборонних технологій, 2021.
3. Етичні та правові аспекти застосування зброї — міжнародний огляд, 2020.

Андрій Воронін – 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/0009-0007-6448-5878> Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Олег Йонка – 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.

Ярослав Савельєв – 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.

Станіслав Гармаш – здобувач вищої освіти ступеня магістр 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.

Andrii Voronin – senior lecturer of the Department of Aviation Weapons Complexes, aozhnups@gmail.com, e-mail: aozhnups@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumska 77/79, 61023. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8336-9978>

Oleg Yonka – 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, Sumska 77/79, 61023.

Yaroslav Savieliev – 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, Sumska 77/79, 61023.

Stanislav Garmash – higher education applicant with a magister degree in the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: aozhnups@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumska 77/79, 61023.