УДК 358.422::355.469

С. П. Ярош, П. М. Гриценко

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ВАРІАНТІВ НАРЯДУ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ

Анотація. *Доповідь присвячена дослідженню методичного підходу до порівняльного оцінювання авіаційних засобів ураження (АЗУ) за їх енергетичними характеристиками. Розглянуто можливість використання узагальненого енергетичного показника для зіставлення різнорідних АЗУ з урахуванням вибухової, кінетичної та проникної складових. Проаналізовано обмеження існуючих підходів, що ґрунтуються на використанні еталонних боєприпасів і порівняльних коефіцієнтів ефективності. Визначено переваги, припущення та напрями подальшого розвитку енергетичного підходу.*

Ключові слова: *авіаційний засіб ураження, бойова частина, енергія, кінетична дія, метод оцінювання, наряд, проникна дія, точність ураження.*

Abstract. *The report examines a methodological approach to the comparative assessment of air-delivered weapons based on their energy characteristics. The possibility of using a generalized energy indicator to compare different classes of weapons is considered, taking into account explosive, kinetic, and penetration effects. The limitations of existing approaches based on reference munitions and comparative effectiveness coefficients are analyzed. The advantages, assumptions, and directions for further development of the energy-based approach are identified.*

Keywords: *air-delivered weapon, warhead, energy, kinetic effect, assessment method, weapon load, penetration effect, accuracy.*

Вступ

Сучасний розвиток авіаційного озброєння характеризується значною різноманітністю авіаційних засобів ураження (АЗУ), які відрізняються конструкцією, фізичними принципами дії та тактико-технічними характеристиками. Це зумовлює необхідність удосконалення науково-методичного апарату їх порівняльного оцінювання.

Існуючі методики переважно ґрунтуються на використанні еталонних боєприпасів, табличних показників і порівняльних коефіцієнтів ефективності [1–4]. Водночас такі підходи не забезпечують повного врахування фізичних механізмів уражаючої дії різнорідних АЗУ, що негативно впливає на результат їх порівняльного оцінювання.

У наукових працях [1–4, 12] розглянуто методичні основи оцінювання бойової ефективності авіаційного озброєння та обґрунтування способів його застосування. Дослідження [5–11, 19] присвячені фізичним процесам вибуху, ударної взаємодії, поглинання енергії та деформування матеріалів. У роботах [13–16] обґрунтовано застосування енергетичного підходу до оцінювання потенціалу різнорідних систем озброєння.

Водночас у проаналізованих джерелах недостатньо розкрито питання комплексного врахування вибухової, кінетичної та проникної дії разом із точнісними характеристиками авіаційних засобів ураження в межах єдиного методичного підходу. Це зумовлює необхідність подальшого розвитку методів порівняльного оцінювання варіантів наряду АЗУ.

Метою роботи є розроблення методу оцінювання варіантів наряду авіаційних засобів ураження на основі енергетичного підходу з урахуванням їх точнісних характеристик.

Результати дослідження

Запропонований метод ґрунтується на приведенні різнорідних авіаційних засобів ураження (АЗУ) до єдиної енергетичної шкали з урахуванням вибухової, кінетичної та проникної складових фізичного впливу, а також точнісних характеристик. На відміну від традиційних підходів, що використовують еталонні боєприпаси та порівняльні коефіцієнти ефективності [1–4], енергетичний підхід передбачає фізичну інтерпретацію показників, які застосовуються для зіставлення різнорідних АЗУ.

Структура розробленого методу включає дванадцять взаємопов'язаних етапів.

Етап 1. Визначення вихідних даних. Передбачає формування сукупності вихідних характеристик, необхідних для дослідження. Визначаються загальні параметри розрахункового об'єкта, прийняті умови оцінювання та характеристики авіаційних засобів ураження. Повнота і достовірність цих даних визначають обґрунтованість подальших результатів.

Етап 2. Створення каталогу АЗУ, які є на озброєнні ПС ЗС України. Здійснюється систематизація технічних характеристик різнорідних авіаційних засобів ураження. Каталог створює єдину інформаційну основу дослідження та забезпечує порівнянність вихідних відомостей. Його структура передбачає можливість уточнення характеристик і доповнення новими зразками.

Етап 3. Визначення ступеня захищеності об'єкта. У межах прийнятих припущень розглядаються дві узагальнені категорії об'єктів – захищені та незахищені. Такий поділ відображає відмінності фізичних умов взаємодії та дозволяє врахувати вплив захисних конструкцій у межах теоретичної моделі.

Етап 4. Методика розрахунку енергії вибуху АЗУ. Енергія вибуху є основним механізмом ураження для значної частини авіаційних боєприпасів. Перерахунок маси вибухової речовини у тротиловий еквівалент дозволяє привести різні типи вибухових речовин до єдиної енергетичної шкали. Це забезпечує можливість коректного порівняння боєприпасів із різними бойовими частинами та створює основу для кількісного оцінювання їх фугасної та осколкової дії за критерієм енергетичного впливу на об’єкт ураження.

Етап 5. Методика розрахунку кінетичної енергії АЗУ. Враховується енергія механічного руху та особливості її передачі під час ударної взаємодії. При цьому розмежовуються початковий енергетичний потенціал і частина енергії, що реалізується в процесах деформування та руйнування матеріалів. Фізичні основи зазначених процесів розглянуто в працях [5, 10, 11, 17].

Етап 6. Формування узагальненого енергетичного показника. Для забезпечення можливості кількісного порівняння різнорідних авіаційних боєприпасів і подальшого оцінювання варіантів їх необхідного наряду вибухова та кінетична складові ураження об’єднуються в єдиний енергетичний показник. Отже, формується енергетичний показник як узагальнена кількісна характеристика потенційної здатності авіаційного боєприпасу забезпечити заданий рівень ураження цілі.

Етап 7. Оцінювання наряду АЗУ з урахуванням точнісних характеристик. Розглядається вплив точності на можливість реалізації потенційних характеристик АЗУ. Це дозволяє розмежувати наявність певного енергетичного потенціалу та ймовірнісний характер його фактичної реалізації. Такий підхід відповідає загальним принципам оцінювання ефективності авіаційного озброєння [1, 2].

Етап 8. Методика розрахунку проникної дії АЗУ. Розглядаються фізичні особливості взаємодії рухомого тіла із захисною перешкодою. Основну увагу приділено впливу механічних характеристик матеріалів, деформаційних процесів і поглинання енергії. Теоретичні передумови цього етапу наведено в дослідженнях [5, 10, 11, 17].

Етап 9. Методика визначення необхідної енергії для ураження захищених об’єктів. Передбачає дослідження впливу захисних конструкцій на передачу та розсіювання енергії. Наявність таких конструкцій зумовлює відмінності між загальним енергетичним потенціалом і характером його реалізації. У межах запропонованої моделі ці особливості розглядаються з урахуванням прийнятих спрощень.

Етап 10. Оцінювання варіантів наряду АЗУ з урахуванням проникної дії. Узагальнення результатів для захищених об'єктів. Здійснюється систематизація отриманих характеристик з урахуванням проникної дії та особливостей фізичної взаємодії із захисними конструкціями. Результатом етапу є формування узгоджених даних для подальшого порівняльного аналізу.

Етап 11. Порівняння результатів оцінювання варіантів наряду АЗУ з урахуванням точнісних характеристик. На цьому етапі здійснюється порівняння результатів оцінювання всіх прийнятних варіантів наряду АЗУ, обраних відповідно до існуючих. Порівняння виконується за єдиним енергетичним показником, що забезпечує зіставлення ефективності різних варіантів наряду залежно від складу авіаційних засобів ураження. За результатами порівняльного оцінювання формується рейтинг варіантів наряду за рівнем їх ефективності.

Етап 12. Формування пропозицій щодо вибору варіанта наряду АЗУ.На основі результатів порівняльного оцінювання формуються пропозиції щодо вибору доцільного варіанта наряду АЗУ для ураження заданого об’єкта. Доцільним вважається варіант, що мінімально перевищує енергію необхідну для ураження об’єкту.

Для формалізації процесу оцінювання та визначення меж застосування методу прийнято такі припущення: об’єкти ураження поділяються на захищені та незахищені; вплив зовнішніх факторів бойового застосування враховується окремо; технічні характеристики АЗУ визначаються за відкритими джерелами, довідковими даними або експертними оцінками; сумарний енергетичний показник формується з вибухової та ефективної кінетичної складових. Коефіцієнти реалізації кінетичної та проникної дії, а також параметри площі контакту приймаються в допустимих межах. Детальні особливості взаємодії боєприпасу з перешкодою, зокрема вплив конструкції бойової частини, кута зустрічі, геометрії головної частини, рикошету та накопичення пошкоджень, не розглядаються. Метод оцінює варіанти наряду АЗУ за умови незалежної реалізації кожного ураження цілі. Ефекти накопичення пошкоджень конструкцій від багаторазових ударів у межах даної моделі не розглядалися та можуть бути предметом подальших досліджень.

Висновки

Проведений аналіз існуючих методик оцінювання авіаційних засобів ураження показав, що використання еталонних боєприпасів і порівняльних коефіцієнтів ефективності не забезпечує повного врахування фізичних характеристик різнорідних АЗУ, що обґрунтовує необхідність розвитку методичного апарату їх оцінювання.

У дослідженні розроблено метод оцінювання варіантів наряду авіаційних засобів ураження на основі енергетичного підходу, який передбачає комплексне врахування вибухової, кінетичної та проникної складових, а також точнісних характеристик АЗУ.

Запропонований метод забезпечує порівняльне оцінювання існуючих варіантів наряду АЗУ за єдиним енергетичним показником. Наукова новизна методу полягає у врахуванні фізичних механізмів уражаючої дії та ймовірності її прикладання до об’єкту, що розширює можливості зіставлення різнорідних авіаційних засобів ураження.

Метод дозволяє науково обґрунтовувати вибір доцільного варіанта серед існуючих варіантів бойового навантаження літака. При цьому метод не визначає склад наряду АЗУ, а забезпечує порівняльне оцінювання попередньо сформованих варіантів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на уточнення коефіцієнтів реалізації кінетичної та проникної дії, врахування додаткових факторів фізичної взаємодії, а також перевірку адекватності розробленого методу за результатами експериментальних досліджень.

Список використаних джерел:

1. Головко Б. Б., Хижняк В. М., Хижняк В. В., Гарнец П. Ф. Системний аналіз бойового застосування та ефективність комплексів авіаційного озброєння : навч. посіб. Харків : ХУПС, 2008. 201 с.

2. Driels M. R. Weaponeering: Conventional Weapon System Effectiveness. 2nd ed. Reston, VA : American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2013. 1194 p. DOI: 10.2514/4.102048.

3. Козир А. Г., Холодний Р. В., Стеценко П. Ю. Обґрунтування методики визначення полігонного наряду бомбардувальної авіації при ураженні складних цілей. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2019. Вип. 2. С. 83–90. DOI: 10.37701/dndivsovt.2.2019.12.

4. Сучасний метод бойових потенціалів в прикладних задачах планування розвитку та застосування тактичної авіації : монографія / Семон Б. Й. та ін. ; за заг. ред. Б. Й. Семона, О. Б. Леонтьєва. Київ : НУОУ, 2009. 336 с.

5. Harrigan J. J., Reid S. R., Peng C. Inertia effects in impact energy absorbing materials and structures. International Journal of Impact Engineering. 1999. Vol. 22, No. 9. P. 955–979. DOI: 10.1016/S0734-743X(99)00037-8.

6 TNT Equivalency of Energetic Materials: Review and Best Practices : technical report L-262 / Munitions Safety Information Analysis Center. Brussels : NATO. URL: https://www.msiac.nato.int/publication/l-262-tnt-equivalency-of-energetic-materials-review-and-best-practices.

7 Draganić H., Gazić G., Varevac D. Experimental investigation of design and retrofit methods for blast load mitigation – A state-of-the-art review. Engineering Structures. 2019. Vol. 190. P. 189–209. DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.03.088.

8. Badshah E., Naseer A., Ashraf M., Shah F., Akhtar K. Review of blast loading models, masonry response, and mitigation. Shock and Vibration. 2017. Art. 6708341. DOI: 10.1155/2017/6708341.

9. Gholipour G., Zhang C., Mousavi A. A. Blast loads induced responses of RC structural members: State-of-the-art review. Composites Part B: Engineering. 2020. Vol. 195. Art. 108066. DOI: 10.1016/j.compositesb.2020.108066.

10. Ritchie C. B., Packer J. A., Zhao X.-L., Heidarpour A., Chen Y. Dynamic material performance of cold-formed steel hollow sections: A state-of-the-art review. Frontiers of Structural and Civil Engineering. 2017. Vol. 11, No. 2. P. 209–227. DOI: 10.1007/s11709-017-0388-8.

11. Jones N. Inelastic response of structures due to large impact and blast loadings. Journal of Strain Analysis for Engineering Design. 2010. Vol. 45, No. 6. P. 451–464. DOI: 10.1243/03093247JSA611.

12. Котов О. Б., Петров В. М. Удосконалена методика обґрунтування потрібних нарядів сил тактичної авіації для ураження одиночних та групових наземних (надводних) об'єктів противника. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. 2011. № 1(5). С. 50–54.

13. Толубко В. Б. Показатели огневого и боевого потенциалов вооружения. Збірник наукових праць. Харків : ХВУ, 1998. № 16. С. 22–36.

14. Гузченко С. В., Ярош С. П. Обґрунтування показників бойових можливостей міжвидових тактичних груп. Системи озброєння і військова техніка. 2014. № 4(40). С. 63–67.

15. Гузченко С. В., Ярош С. П. Обґрунтування складових бойових можливостей міжвидових тактичних груп. Збірник наукових праць ХУПС. 2014. № 3(40). С. 7–10.

16. Гузченко С. В., Ярош С. П., Колотілов В. Ю. Обґрунтування підходу до визначення захисного потенціалу міжвидової тактичної групи. Системи озброєння і військова техніка. 2015. № 1(41). С. 21–25.

17. Qiao P., Yang M., Bobaru F. Impact Mechanics and High-Energy Absorbing Materials: Review. Journal of Aerospace Engineering. 2008. Vol. 21, No. 4. P. 235–248. DOI: 10.1061/(ASCE)0893-1321(2008)21:4(235).

Ярош Сергій Петрович – доктор військових наук професор, професор кафедри тактики зенітних ракетних військ факультету зенітних ракетних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: syarosh@ukr.net ORCID https://orcid.org/0000-0002-5208-9372.

Гриценко Павло Миколайович – ад'юнкт науково-організаційного відділу Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: phrytsenko23@gmail.com https://orcid.org/0009-0005-6235-4714.

Serhii Petrovych Yarosh – *Doctor of Military Sciences, Professor; Professor at the Department of Anti-Aircraft Missile Troops Tactics, Faculty of Anti-Aircraft Missile Troops, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University; 77/79 Sumska St., Kharkiv, 61023, e-mail: syarosh@ukr.net ORCID https://orcid.org/0000-0002-5208-9372.*

Pavlo Mykolaiovych Hrytsenko *— Adjunct, Scientific and Organizational Department, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, 77/79 Sumska St., Kharkiv, 61023* e-mail: phrytsenko23@gmail.com https://orcid.org/0009-0005-6235-4714.