УДК 623.4.011::623.762./.764

В. К. Закутін, Д. М. Крючков, К. В. Закутін

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДИК ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРІЛЬБИ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ СЕРЕДНЬОЇ ДАЛЬНОСТІ

Анотація. *У роботі досліджено методики, що застосовуються для оцінки ефективності стрільби зенітних ракетних комплексів при відбитті удару повітряного противника.. Обґрунтовано, що поєднання аналітико-ймовірнісних розрахунків, оптимізаційних алгоритмів, імітаційного моделювання, ресурсного аналізу та експертних оцінок дозволяє створити об'єктивну картину бойових можливостей військ та забезпечити надійне прикриття від ударів з повітря.*

Ключові слова: *бойові можливості, методика оцінки, моделювання, протиповітряна оборона, ефективність стрільби.*

Abstract. *This paper examines the methodologies used to evaluate the firing effectiveness of antiaircraft missile systems when repelling an air attack. It is demonstrated that combining analyticalprobabilistic calculations, optimization algorithms, simulation modeling, resource analysis, and expert assessments enables the creation of an objective picture of the forces' combat capabilities and ensures reliable protection against air strikes.*

Keywords: combat capabilities, assessment methodology, modeling, air defense, firing effectiveness

В умовах повномасштабної збройної агресії проти нашої держави роль протиповітряної оборони набула безпрецедентного стратегічного та оперативного значення. Зенітні ракетні війська є основною вогневою силою в системі зенітного ракетно-артилерійського прикриття угруповань військ та важливих державних об'єктів. Серед широкого спектра озброєння особливе місце посідають зенітні ракетні комплекси середньої дальності. Об'єктивна та всебічна оцінка ефективності їхньої стрільби є критично важливою задачею для планування бойових дій, розподілу ресурсів та мінімізації ризиків. Проведений комплексний аналіз свідчить, що існуючі методики оцінки ефективності стрільби можна класифікувати на кілька основних груп: аналітико-ймовірнісні, оптимізаційні, імітаційні, ресурсно-економічні та експертні [1].

Історично першими методами, які застосовувалися у практиці роботи штабів, були коефіцієнтна та графоаналітична методики. Вони базувалися на розрахунках вручну за допомогою усереднених довідкових даних. Хоча ці методики дозволяли оперативно оцінювати вогневі можливості підрозділів, вони не могли повною мірою врахувати всі аспекти швидкоплинного протиповітряного бою. Фундаментальною основою для більшості сучасних досліджень є аналітико-ймовірнісні методики, які спираються на математичний апарат теорії ймовірностей та теорії масового обслуговування. Сутність цих методів полягає у розрахунку ймовірності успішного виконання бойового завдання: від виявлення цілі до підриву бойової частини зенітної ракети. За допомогою аналітичних методів визначається ймовірність ураження повітряної цілі як однією ракетою, так і чергою ракет, а також розраховується ключовий показник – математичне сподівання кількості знищених цілей у масованому ударі/ Наступну важливу групу утворюють методики математичної оптимізації, які застосовуються для вирішення завдань цілерозподілу та управління вогнем. Оскільки можливості зенітних комплексів обмежені канальністю та наявним боєкомплектом, виникає потреба у раціональному розподілі цілей. Для цього використовується апарат лінійного та дискретного програмування. Зокрема, класичним підходом є застосування угорського методу оптимізації, який дозволяє отримати план призначення цілей, що мінімізує витрати або максимізує ефективність. Однак через вимогу до квадратної розмірності матриць ефективності (коли кількість цілей має дорівнювати кількості засобів), цей метод часто є надмірно ресурсоємним. Для вирішення цієї проблеми розроблено квазіоптимальні алгоритми, зокрема метод максимального елемента рядка матриці ефективності, який дозволяє швидко знаходити ефективні плани цілерозподілу без штучного розширення матриць, що є критично важливим для роботи в режимі реального часу. Значного поширення

набули методики імітаційного моделювання, які реалізуються через спеціалізовані програмні комплекси. На відміну від суто аналітичних підходів, штабні математичні моделі типу “ППО-95”, “ППБ”, “Динаміка” та “Ешелон” дозволяють відтворювати процес стрільби шляхом багаторазового розіграшу бойових епізодів із залученням віртуальних моделей. Окремо виділяються методики на базі геоінформаційних систем (наприклад, геоінформаційна система “Аргумент”), які здійснюють розрахунки з детальним урахуванням рельєфу місцевості, радіолокаційного поля та ризиків для самих підрозділів протиповітряної оборони. Не менш важливою є група ресурсно-економічних методик. В умовах тривалого конфлікту ефективність стрільби оцінюється не лише фактом знищення цілі, але й обсягом витрачених для цього ресурсів. Ці методики базуються на розрахунку середньої витрати зенітних керованих ракет на одну знищену ціль, а також на обчисленні математичного сподівання відвернутого збитку підрозділам та об’єктам, які прикриваються. Інтегральний показник ефективності в таких методиках поєднує ймовірність збереження об’єкта прикриття з мінімізацією матеріальних витрат та втрат особового складу. Окреме місце в системі оцінювання посідають експертні, таксономічні та логіколінгвістичні методики. Вони застосовуються у випадках, коли командирам доводиться приймати рішення за умов гострої нестачі достовірної інформації про противника, або коли необхідно оцінити неформалізовані фактори (навченість обслуг, морально-психологічний стан, складність перешкодової обстановки). Ці методики дозволяють формалізувати бойовий досвід, інтуїцію та рішучість командира при виборі раціонального варіанта дій [1].

Підсумовуючи, можна стверджувати, що сучасна оцінка ефективності стрільби зенітних ракетних комплексів вимагає синергії всіх розглянутих методик. Лише поєднання аналітикоймовірнісних розрахунків, оптимізаційних алгоритмів, імітаційного моделювання, ресурсного аналізу та експертних оцінок дозволяє створити об’єктивну картину бойових можливостей військ та забезпечити надійне прикриття держави від ударів з повітря.

Список використаних джерел:

1. Рощупкін Є. Використання досвіду бойового застосування військових частин та підрозділів зенітних ракетних військ, технічної експлуатації та ремонту озброєння та військової техніки в освітньому процесі та науковій діяльності факультету зенітних ракетних військ / Є. Рощупкін, В. Шулежко, А. Удовенко, О. Батюшин // Освітній процес: методика, досвід, проблеми. – Х.: ХНУПС, 2025. – №4 (178). – С. 82-87.

Закутін Володимир Костянтинович *– курсант факультету зенітних ракетних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: Wulfzak@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0009-0001-6011-4005*

Крючков Дмитро Миколайович *– старший викладач Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна, e-mail: dnkriuchkov@ukr.net, ORCID https://orcid.org/0000-0002-4377-3156*

Закутін Костянтин Валерійович *– провідний науковий співробітник, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, Україна**,** e-mail: kon4431@ukr.net ORCID https://orcid.org/0000-0002-2873-2663*

Zakutin Volodymyr *– Cadet of Faculty of Anti-Aircraft Missile Troops, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University; Kharkiv, e-mail: Wulfzak@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0009-0001-6011-4005*

Kriuchkov Dmytro *– Senior Lecturer of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: dnkriuchkov@ukr.net, ORCID https://orcid.org/00000002-4377-3156*

Zakutin Kostiantyn *– Leading Researcher of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,Kharkiv, Ukraine, e-mail: kon4431@ukr.net ORCID https://orcid.org/0000-00022873-2663*