

УДК 623.76

М.О. Єрмошин

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

У статті розглядається основні показники та критерії для оцінки ефективності функціонування системи протиповітряної оборони важливих об'єктів і військ (сил), що визначаються відповідно бойового завдання угруповань військ (сил) ППО через показники ефективності їх бойових дій та взаємопов'язуються з показниками: якості прийняття рішень і структури системи протиповітряної оборони; ефективності функціонування систем розвідки, управління, винищувального та зенітного ракетно-артилерійського прикриття, забезпечення бойових дій військ (сил) ППО.

**Ключові слова:** ефективності, функціонування, системи протиповітряної оборони.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Ефективності системи протиповітряної оборони важливих об'єктів і військ (сил) підвищується за рахунок якісних змін сучасними зразками озброєння та військової техніки, пошуку оптимальних структури системи, нових форм і способів бойових дій угруповань військ (сил) ППО, а також вибором раціонального варіанту рішення на протиповітряну оборону з використанням математичного моделювання функціонування системи. Одною із основних завдань, що із цього виникає – це визначення основних показників для оцінки ефективності функціонування сучасної системи ППО, що відповідають бойовому завданню угруповань військ (сил) ППО.

**Аналіз літератури.** Питанням визначення основних показників для оцінки ефективності функціонування сучасної системи протиповітряної оборони присвячені матеріали праць за даною тематикою [1 – 3], аналіз яких показав, що дане питання розкриті й аргументовані в недостатній мірі. Так в [1] розглянута коефіцієнтна методика оцінки ефективності бойових дій військ (сил) ППО. В [2] надані показники, однак не враховані особливості функціонування складних систем ППО. В [3] наведено тільки зміст функціонування системи зенітного ракетно-артилерійського прикриття.

**Мета статті.** Надання пропозицій щодо визначення основних показників і критеріїв для оцінки ефективності функціонування сучасної системи протиповітряної оборони об'єктів і військ (сил).

### Розділ основного матеріалу

Показник ефективності функціонування сучасної системи протиповітряної оборони об'єктів і військ (сил) розраховується як показник бойових втрат через показники ефективності бойових дій угруповань військ (сил) ППО, що визначаються згідно їхнього бойового завдання.

Найбільший інтерес під час моделюванні бойових дій угруповань військ (сил) ППО становить кі-

лькісна оцінка їх ефективності. Вона звичайно виражається одним або декількома показниками, чисельне значення яких характеризує ступінь задоволення вимог до ефективності бойових дій угруповань військ (сил) ППО. Показник ефективності бойових дій угруповань військ (сил) ППО визначається як кількісна міра ступеня досягнення мети бойових дій, а критерій повинний задовольняти найкращому в заданому смислі варіанту. Зараз основними показниками ефективності, які застосовуються в практиці роботи штабів, є: математичне сподівання кількості знищених цілей, співвідношення сил сторін за напрямками й рубежами [1, 2].

На підставі досвіду навчання вибір конкретного показника та критерію ефективності бойових дій здійснюється згідно мети бойових дій угруповань військ (сил) ППО, що визначена у бойовому завданні. Наприклад, якщо бойове завдання полягає в тому, щоб не допустити прориву головних сил повітряного противника всередину країни, використовується показник – математичне сподівання кількості знищених цілей; для завдання з недопущення ударів по АЕС – імовірність знищення всіх цілей; для завдання з прикриття групи об'єктів – бажано скористатися показником відверненого їх збитку, а для того, щоб характеризувати знищення повітряного противника до рубежу виконання завдань використовується показник – глибини їхнього проникнення з урахуванням знищення його на заданих рубежах.

На практиці показники ефективності бойових дій угруповань військ (сил) ППО використовують для порівняльної оцінки варіантів бойових дій з метою прогнозування розвитку дій сторін, визначення структури системи ППО, складу військ (сил) ППО та інших характеристик.

У ході порівняльної оцінки варіантів бойових дій угруповань військ (сил) ППО перелік показників, методи їх визначення та їх значення повинні бути однакової розмірності, бажано у відносних значеннях. Точність визначення показників при збільшенні обсягу інформації про нижчестоящі рівні повинна зростати, а узагальнений показник пови-

ний надати можливість виявити тенденції розвитку досліджуваного процесу.

Вибір одного показника як головного та виведення інших показників до обмежень здійснюється методами багатокритеріальної оптимізації. У цьому випадку спочатку знаходять оптимальний варіант бойових дій за головним показником, а потім з цього варіанта намагаються поліпшити інші показники за рахунок припустимого погіршення. Вибір серед варіантів, що залишилися, повинен зробити командир у відповідності зі своїм досвідом, інтуїцією, рішучістю. У ряді випадків для визначення найкращих варіантів можуть використовуватися таксономічні та логіко-лінгвістичні методи, алгоритми, які засновані на ідеях штучного інтелекту, експертно.

Розрахунок значень показника ефективності бойових дій угруповань військ (сил) ППО здійснюється з використанням різних методів математичного моделювання – імітаційних, аналітичних, стохастичних та ін. При їхньому виборі важливо враховувати, що за значеннями показників стоїть цілком фізичний процес, який треба охарактеризувати, і враховувати зв'язок між ними.

Для оцінки ефективності бойових дій угруповань військ (сил) ППО використовується узагальнений показник, що характеризує виконання бойового завдання, який поєднує часткові показники згідно мети бойових дій угруповань військ (сил) ППО: розрахункова ефективність бойових дій та ефективність, яка вимагається; математичне сподівання кількості знищених цілей; математичне сподівання кількості напрямків, на яких забезпечується кількість стрільб (щільність вогню) не менше від заданої для забезпечення необхідної кратності прикриття об'єкта; вогневий потенціал ППО об'єктів і військ; математичне сподівання кількості об'єктів прикриття, які збереглися з імовірністю не менше заданої; математичне сподівання втрат військ (сил) ППО та витрат ресурсів; інтегральний показник ефективності бойових дій, який враховує ефективність і ризик при відбитті ударів з повітря.

При цьому критерій ефективності бойових дій угруповань військ (сил) ППО, може бути зведений до вимог досягнення максимально можливих значень одного або кількох показників (крім втрат, які краще будуть мінімальні) при обмеженнях на ресурси, що виділені на бойові дії, або при інших обмеженнях.

*Ефективність бойових дій* угруповань військ (сил) ППО визначається за результатами моделювання бойових дій частіше через математичне сподівання кількості знищених цілей.

При отриманні значень середньоквадратичного відхилення кількості знищених цілей розраховується імовірність виконання бойового завдання ( $P_{\text{бз}}$ ) через наведену функція Лапласа  $\Phi()$

$$P_{\text{бз}} = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{M - M^*}{C}\right),$$

де  $M, M^*$  – математичного сподівання кількості знищених цілей за час бою та її оцінка або інший показник ефективності бойових дій;  $C$  – середньоквадратичне відхилення.

*Математичне сподівання кількості знищених цілей* є чутливим до розподілу цілей за напрямками удару та об'єктами, до ймовірності ураження цілей і кількості стрільб, що реалізується в кожному напрямку до рубежу виконання завдання цілей. Тому він у принципі може бути використаний для обґрунтування варіантів бойових дій угруповань військ, побудови системи ППО за показником кількості знищених цілей, що усереднені за напрямками удару або об'єктами прикриття.

Математичне сподівання кількості знищених цілей та середньоквадратичне відхилення визначаються з застосуванням різних методик, моделей і задач:

коєфіцієнтної та графоаналітичної методик розрахунку показників вручну [1] згідно Довіднику з ППО;

методики проведення розрахунків з застосуванням штабних математичних аналітико-стохастичних та імітаційних моделей типу “ППО-95”, “ППБ”, “Динаміка”, “Ешелон” [2];

методики проведення розрахунків з застосуванням геоінформаційних систем типу “Аргумент” з урахуванням рельєфу місцевості та розрахунку ризику підрозділів у ході бою [3].

Для цього показника основними критеріями, що використовуються для визначення способів бойових дій або раціонального варіанта їх дій, напрямків зосередження зусиль, забезпечення необхідної кратності прикриття об'єкта, можуть бути такі: максимум математичного сподівання кількості знищених цілей при нанесенні удару по об'єктах прикриття з напрямку; максимум середньої кількості знищених цілей за напрямками й об'єктами прикриття з урахуванням ймовірностей нанесення удару; знищення всіх цілей при прикритті об'єктів.

*Математичне сподівання кількості напрямків*, де забезпечується кількість стрільб (щільність вогню) не менше від заданої, розраховується для забезпечення кратності прикриття об'єкта [3].

*Вогневий потенціал* угруповань військ (сил) ППО, під яким розуміються їх можливості зі знищення цілей за час протиповітряного бою, визначається потенціалом вогневих підрозділів, які беруть участь у відбитті удару з повітря [3].

*Математичне сподівання кількості об'єктів прикриття*, що збереглися з імовірністю не менше від заданої, визначається за показниками важливості об'єктів, їх геометричних розмірів і ступеня пошкодження. Визначення важливості об'єктів і військ, що прикриваються, можливо зробити з урахуванням їх характеристик за категоріями об'єктів, за бінарними вектор-характеристиками, з використанням таксономічного методу [3].

*Математичне сподівання втрат військ (сил)*

ППО та витрат ресурсів визначається за результатами моделювання бойових дій угруповань військ (сил) ППО з застосуванням моделей і задач, які враховують економічні витрати, матеріальні засоби та інші ресурси, втрати особового складу й озброєння та військової техніки [3].

*Інтегральний показник ефективності бойових дій* угруповань військ (сил) ППО визначається як середньостатистична ймовірність знищення окремої цілі при відбитті удару з повітря. За аналогією можна ввести середньостатистичну ймовірність знищення окремого об'єкта в ході удару з повітря. Тоді, виходячи з мети бойових дій (збереження об'єктів, що прикриваються, та знищення цілей), за інтегральний показник ефективності бойових дій обирається середньостатистична ймовірність події, коли для будь-якої пари "об'єкт удару – атакуюча ціль" ціль буде знищений, а об'єкт, що прикривається, зберегтиме свою боєздатність.

*Критерієм вибору варіантів бойових дій* угруповань військ (сил) ППО може бути один з таких показників: максимум значень показників ефективності бойових дій при мінімумі втрат військ, ймовірності збереження об'єктів прикриття, ймовірності знищення цілей не менше від заданого значення тощо.

Вибір з них основного показника є складним процесом і залежить від бойового завдання, від можливого замислу дій повітряного противника в ударах і дій угруповань військ (сил) ППО.

У цілому показники та критерії для оцінки ефективності бойових дій угруповань військ (сил) ППО визначають наскільки створена система ППО дозволяє зберегти об'єкти та війська, що прикриваються, або здатна здійснити виконання бойового завдання. Але ж визначити й апріорно розрахувати безпосередні втрати своїх військ та об'єктів від удару повітряного противника у ціннісному або кількісно-вартісному відношенні на практиці не завжди вдається. Це пов'язано з наявністю багатьох факторів, які мають випадковий (а іноді й суб'єктивний) характер і не піддаються прогнозу.

Очевидний вихід з цієї ситуації – знайти взаємозв'язок між можливими втратами своїх військ та об'єктів, що прикриваються, і втратами повітряного противника, які впливають на дії угруповань військ (сил) ППО. При цьому, чим раніше повітряний противник відмовиться від продовження удару під впливом вогню угруповань військ (сил) ППО, тим менше втрат будуть нести об'єкти та війська, що прикриваються.

## Висновки

Основні показники та критерії для оцінки ефективності функціонування системи протиповітряної оборони важливих об'єктів і військ (сил) визначаються згідно бойового завдання угруповань військ (сил) ППО через показники ефективності їх бойових дій та взаємопов'язуються з показниками: математичне сподівання кількості знищених цілей; математичне сподівання кількості напрямків; вогневий потенціал ППО; математичне сподівання кількості об'єктів прикриття, які збереглися; математичне сподівання втрат військ (сил) ППО та витрат ресурсів; інтегральний показник ефективності бойових дій.

## Список літератури

1. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торпчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х.: ХВУ, 2003. – 260 с.
2. Моделювання бойових дій військ (сил) ППО та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку): Монографія / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смирнов, В.І. Ткаченко. – Х.: ХВУ, 2004. – 380 с.
3. Синтез адаптивних структур системи зенітного ракетно-артилерійського прикриття об'єктів і військ та оцінка її ефективності: (теорія, практика, тенденції розвитку): Монографія / А.Я. Торпчин, І.О. Кириченко, М.О. Єрмошин, Г.А. Дробаха, М.П. Долина. – Х.: ХУПС, 2006. – 360 с.

Надійшла до редколегії 3.06.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.І. Карпенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ

М.А. Ермошин

*В статье рассматриваются основные показатели и критерии для оценки эффективности функционирования системы противовоздушной обороны важных объектов и войск (сил), которые определяются соответственно боевому заданию группировок войск (сил) ПВО через показатели эффективности их боевых действий и взаимосвязаны с показателями: качества принятия решений и структуры системы противовоздушной обороны; эффективности функционирования систем разведки, управления, истребительного и зенитного ракетно-артиллерийского прикрытия, обеспечения боевых действий войск (сил) ПВО.*

**Ключевые слова:** эффективности, функционирование, системы противовоздушной обороны.

## BASIC INDEXES FOR ESTIMATION OF EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF SYSTEM OF AIR DEFENSE

M.A. Ermoshin

*In the article basic indexes and criteria are examined for the estimation of efficiency of functioning of the system of air defense of important objects and troops (forces) which are determined according to the combat mission of groupments of troops (forces) of air defence through the indexes of efficiency of their battle actions and associate with indexes: qualities of decision-making and structure of the system of air defense; to efficiency of functioning of the systems of secret service, management, destructive and zenithal rocket-artillery protection, providing of battle actions of troops (forces) of air defence.*

**Keywords:** to efficiency, functioning, systems of air defense.