

Загальні питання

УДК 623.621.391

В.О. Бойко

Національний університет оборони України, Київ

ОБҐРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ВІЙСЬК (СИЛ) В ОБОРОННІЙ ОПЕРАЦІЇ

В статті розкривається зміст оцінки ефективності способів бойового застосування військ (сил) в оборонній операції.

Ключові слова: радіоелектронна боротьба, показник ефективності, стохастична модель, ймовірність неуразення.

Вступ

Досвід локальних війн і конфліктів показує, що авіація без засобів радіоелектронної боротьби управління зброєю має дуже низьку живучість (ймовірність виживання 0,02 – 0,35) [1]. З іншого боку робота сучасних органів управління військами неможливо без виконання якісного прогнозування та ефективності оцінки ефективності РЕБ при веденні оборонної операції. Існуючі підходи до оцінки ефективності РЕБ відрізняються математичним апаратом та врахуванням певних чинників [2, 3]. Проведений аналіз показав, що для оцінки ефективності РЕБ при веденні оборонної операції необхідно:

- визначити критерії оцінки ефективності РЕБ при веденні оборонної операції;
- визначити математичний апарат оцінки ефективності РЕБ.

Результати досліджень

Критерії ефективності радіоелектронної боротьби обумовлюються метою та завданнями РЕБ у оборонній операції. В теорії радіоелектронної боротьби склалася наступна система критеріїв ефективності радіоелектронної боротьби (рис. 1).

В теорії і практиці РЕБ критеріям відповідають показники ефективності радіоелектронної боротьби відповідно: оперативно-тактичні показники, тактичні (бойові) показники, інформаційні показники, технічні показники. В загальному вигляді відносний показник ефективності РЕБ визначається:

$$\delta E = \frac{E_{РЕБ} - E_0}{E_{РЕБ}} * 100\%, \quad (1)$$

де $E_{РЕБ}$; E_0 – показник ефективності дій при веденні РЕБ та без нього.

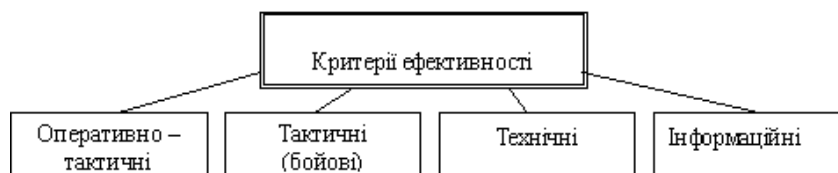


Рис. 1. Система критеріїв ефективності радіоелектронної боротьби

З проведеного аналізу відомо, що методично-алгоритмічний апарат оцінки ефективності РЕБ в оборонній операції залежить від моделі ведення РЕБ. В стохастичних моделях ведення РЕБ при обчислюванні стохастичних характеристик випадкових величин іноді приходиться висувати гіпотези про закони розподілу цих випадкових величин. Наприклад, коли станція перешкод подавляє радіоканал з ймовірністю P , а за час бою будуть створюватися перешкоди n каналам, то при умові незалежності цих подій, кількість каналів, які будуть подавлені, є випадкова величина з біноміальним законом розподілу [4]. При цьому, математичне очікування кількості каналів, які будуть подавлені, $m=np$, а дисперсія кількості подавлених каналів $\sigma^2 = npq$, де

$q = 1 - p$ – ймовірність неподавлення радіоканалів [4]. При захисті об'єктів від нанесення вражаючого удару противником в якості показника ефективності РЕБ доцільно взяти ймовірність неуразення об'єкту P_n , або ймовірність протилежної події – ймовірність ураження $P_y = 1 - P_n$.

Дія завад на радіоелектронні засоби керування зброєю веде до збільшення промаху зброї до випадкової величини Δ , яку можна вважати гаусовою [4]. Неуразення об'єктів буде за умов, коли $\Delta > r_{ef}$, де r_{ef} – радіус ефективного ураження цілі керованою зброєю. Тоді ймовірність неуразення P_n однією ракетою обчислюється за формулою [4].

$$P_n = 1 - P(-r_{\text{сф}} \leq \Delta \leq r_{\text{сф}}) = 1 - \Phi\left(\frac{r_{\text{сф}} - m_{\Delta}}{\sigma_{\Delta}}\right) + \Phi\left(\frac{-r_{\text{сф}} - m_{\Delta}}{\sigma_{\Delta}}\right), \quad (2)$$

де $\Phi(x)$ – табульована функція Лапласа; m_{Δ} – математичне очікування (систематична похибка) промаху; σ_{Δ} – середньоквадратична похибка промаху.

Ймовірність подолання повітряними засобами ППО противника за умов відсутності РЕБ обчислюється згідно з формулою:

$$P_{\text{ППО}} = P_{\text{нЗРК}}^{N_{\text{ЗРК}}} * P_{\text{нВА}}^{N_{\text{ВА}}} * P_{\text{нЗА}}^{N_{\text{ЗА}}}, \quad (3)$$

де $N_{\text{ЗРК}}$ – кількість випущених ракет зенітно-ракетних комплексів (ЗРК), $N_{\text{ВА}}$ – кількість атак винищувальної авіації повітряного засобу; $N_{\text{ЗА}}$ – кількість зенітних установок зенітної артилерії (ЗА), які вели вогонь; $P_{\text{нЗРК}}$, $P_{\text{нВА}}$, $P_{\text{нЗА}}$ – ймовірність неуразнення однією ракетою ЗРК, при одній атаці винищувальної авіації, однією зенітною установкою ЗА відповідно за умов відсутності РЕБ.

Оцінка математичного очікування кількості повітряних засобів із загальної кількості n , та дисперсія кількості повітряних засобів, які подолали систему ППО, мають вигляд:

$$m_n = P_{\text{ППО}} * n, \quad \sigma_n^2 = n * P_{\text{ППО}} (1 - P_{\text{ППО}}). \quad (4)$$

При веденні РЕБ ймовірність подолання повітряними засобами ППО противника обчислюється згідно з формулою:

$$P_{\text{ППО}}^* = P_{\text{нЗРК}}^{N_{\text{ЗРК}}} * P_{\text{нВА}}^{N_{\text{ВА}}} * P_{\text{нЗА}}^{N_{\text{ЗА}}}, \quad (5)$$

де $N_{\text{ЗРК}}^*$ – кількість випущених ракет зенітно-ракетних комплексів (ЗРК), при веденні РЕБ; $N_{\text{ВА}}^*$ – кількість атак винищувальної авіації повітряного засобу при веденні РЕБ; $N_{\text{ЗА}}^*$ – кількість зенітних установок зенітної артилерії (ЗА), які вели вогонь, при веденні РЕБ; $P_{\text{нЗРК}}^*$, $P_{\text{нВА}}^*$, $P_{\text{нЗА}}^*$ – ймовірність неуразнення однією ракетою ЗРК, при одній атаці винищувальної авіації, однією зенітною установкою ЗА, відповідно при веденні РЕБ.

Оцінка математичного очікування кількості повітряних засобів із загальної кількості n , та дисперсія кількості повітряних засобів, що подолали систему ППО при веденні РЕБ, мають вигляд:

$$m_n^* = P_{\text{ППО}}^* * n, \quad \sigma_n^{*2} = n * P_{\text{ППО}}^* (1 - P_{\text{ППО}}^*). \quad (6)$$

Відносний коефіцієнт підвищення ймовірності подолання повітряними засобами ППО противника при веденні РЕБ обчислюється за формулою:

$$K_{\text{ППО}} = \frac{P_{\text{ППО}}^* - P_{\text{ППО}}}{P_{\text{ППО}}} * 100\%. \quad (7)$$

Аналогічно можливо отримати відносні коефіцієнти зменшення математичного очікування кількості повітряних засобів, які подолали систему ППО при веденні РЕБ, і збільшення дисперсії кількості повітряних засобів, що подолали систему ППО при веденні РЕБ.

Різним варіантам РЕБ відповідають різні ймовірності $P_{\text{ППО}}^*$ і, відповідно, різні m_n^* і σ_n^{*2} . Оскільки потрібно вибирати варіант РЕБ, якому відповідає максимальне значення $P_{\text{ППО}}^*$ або максимальне значення m_n^* та мінімальне σ_n^{*2} , то за моментними характеристиками задача є двокритеріальною. Для її вирішення можна використовувати загальний адитивний критерій виду

$$f = (m_n^* - k \sigma_n^{*2}) \rightarrow \max,$$

де $\sigma_n^* = \sqrt{\sigma_n^{*2}}$ – середньоквадратичне відхилення кількості повітряних засобів, що подолали систему ППО при веденні РЕБ; $k \in [0, 1]$ – коефіцієнт пріоритетності додатків (для випадку, коли пріоритетність σ_n^* в два рази менше пріоритетності m_n^* , потрібно взяти $k = 1/2$). На рис. 2 показано залежності

m_n^* і σ_n^* від $P_{\text{ППО}}^*$ при $k=1$ та $n=10$.

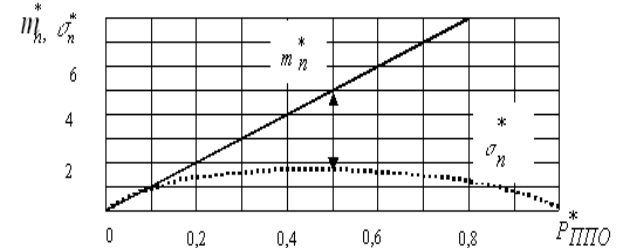


Рис. 2. Залежності математичного очікування m_n^* та середньоквадратичного відхилення σ_n^* кількості повітряних засобів, що подолали систему ППО, від ймовірності $P_{\text{ППО}}^*$

Як видно з рис. 2, при $P_{\text{ППО}}^* > \frac{1}{n+1}$ значення загального адитивного критерію зростає зі зростом $P_{\text{ППО}}^*$, тобто простежується монотонна залежність між f і $P_{\text{ППО}}^*$. Тому у якості параметру максимізації можна брати як $P_{\text{ППО}}^*$, так f і m_n^* чи G_n^* . Коефіцієнт зменшення втрат повітряних засобів за умов ведення РЕБ оцінюється згідно з виразом:

$$K_{\Delta \text{втрат}} = \frac{n - m_n^*}{n - m_n} * 100\%. \quad (8)$$

Досвід сучасних локальних війн і збройних конфліктів показує, що коефіцієнт втрат повітряних засобів, що оцінюється згідно з виразом:

$$K_{\text{втрат}} = \frac{n - m_n^*}{n} * 100\% \quad (9)$$

повинен бути не більше 2% (у операції “Буря в пустелі” коефіцієнт втрат повітряних засобів багато національних сил складав 0,02%) [5].

Задавшись коефіцієнтом $K_{\text{втрат потр}}$, можна розрахувати потрібне для цього математичне очікування неуразених повітряних засобів:

$$m_{\text{н потр}}^* = n(1 - 0,01 K_{\text{втрат потр}}). \quad (10)$$

Потрібне значення ймовірності неуразення для цього випадку може бути визначене за формулою:

$$P_{\text{ІПО потр}}^* = \frac{T_{\text{н потр}}^*}{\Pi} = 1 - 0,01 K_{\text{втрат потр}}. \quad (11)$$

Потрібні ймовірності не ураження можуть бути досягненні тільки при комплексному використанні форм, сил та засобів РЕБ.

При застосуванні матричної моделі ефективність радіоелектронної боротьби оцінюється наступним чином. Рішенням матричної гри є змішані стратегії сторін:

$$S_A = |p_1, p_2, \dots, p_n|, \sum_{i=1}^n p_i = 1;$$

$$S_B = |q_1, q_2, \dots, q_m|, \sum_{j=1}^m q_j = 1,$$

та ціна гри $\vartheta = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} p_i q_j$, яка є оцінкою ефективності РЕБ.

Ефективність при біматричній грі для різних сторін буде різною, а саме:

$$\vartheta_A = \sum_i \sum_j a_{ij} p_i q_j, \quad \vartheta_B = \sum_i \sum_j b_{ij} p_i q_j, \quad (12)$$

де a_{ij} , b_{ij} – елементи матриць виграшів відповідно сторони А та В.

При застосуванні нечітких моделей ведення РЕБ оцінка ефективності РЕБ для кожної ситуації буде нечіткою у вигляді нечіткого числа. Ймовірність виконання бойової задачі $P_{\text{вз}}$ є нечітке число, яке описується за допомогою функції приналежності $\mu(x)$. Наприклад, функція приналежності $\mu(x)$ нечіткої ймовірності не ураження одним видом зброї об’єкту, має вигляд (рис. 3).

Використовуючи формалізований опис типової ситуації та нечіткі числа і нечітку алгебру, за формулами (3), (12) можна отримати нечіткі оцінки за усіма визначеними критеріями та показниками.

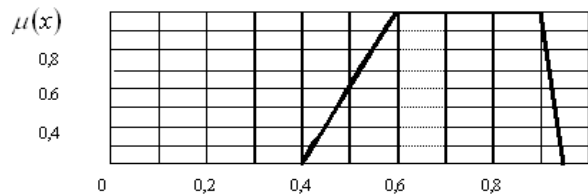


Рис. 3. Функція належності нечіткої ймовірності $P_{\text{н0}}$

ВИСНОВОК

Оцінку ефективності способів бойового застосування військ (сил) в оборонній операції потрібно здійснювати за критеріями або показниками, що відповідають бойовому завданню і залежать від моделі ведення РЕБ, та математичного апарату, на основі якого будуються моделі. Найбільш доцільним математичним апаратом при оцінюванні ефективності РЕБ є апарат теорії ймовірності та математичної статистики, а також теорії нечітких множин.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку полягають у дослідженні та врахуванні інших чинників, що впливають на ефективність застосування засобів РЕБ.

Список літератури

1. Перунов Ю.М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием / Ю.М. Перунов, К.И. Фомичев, Л.М. Юдин. – М.: Радиотехника, 2003. – 419 с.
2. Радзиевский В.Г. Современная радиоэлектронная борьба. Вопросы методологии / В.Г. Радзиевский А.А. Агафонов. – М.: Радиотехника, 2006. – 424 с.
3. Наукові основи обґрунтування способів бойового застосування сил та засобів радіоелектронного подавлення в операціях / Г.В. Певцов, С.М. Шолохов, Г.М. Тіхонов, І.М. Тіхонов // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2008. – Вип. 3(7). – С. 120-125.
4. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Сов.радио, 1972. – 552 с.
5. Боевые действия в Персидском заливе. Аналитический обзор. – М.: ИНФО-ТАСС, АСОНТИ, 1991. – 50 с.

Надійшла до редколегії 9.11.2010

Рецензент: канд. військ. наук, с.н.с. Д.Л. Федянович, Національний університет оборони України.

ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВОЙСК (СИЛ) В ОБОРОННОЙ ОПЕРАЦИИ

В.О. Бойко

В статье раскрывается содержание оценки эффективности способов боевого применения войск (сил) в оборонной операции.

Ключевые слова: радиоэлектронная борьба, показатель эффективности, стохастическая модель, вероятность непоражения.

A GROUND OF WAYS OF EVALUATION OF EFFICIENCY OF METHODS OF BATTLE APPLICATION OF TROOPS (SIL) IS IN DEFENSIVE OPERATION

В.О. Boyko

In the article maintenance of estimation of efficiency of methods of battle application of troops (forces) opens up in a defensive operation.

Keywords: radio electronic fight, index of efficiency, stochastic model, probability of undefeat.