

УДК 623.558:358.116(045)

С.В. Новіченко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## УРАХУВАННЯ ГЕОМЕТРІЇ МЕЖІ ОБ'ЄКТУ ТА РУБЕЖУ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЗАСОБАМИ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ ПРОТИВНИКА ПРИ ВИЗНАЧЕННІ КІЛЬКОСТІ СТРІЛЬБ ЗЕНІТНОЇ РАКЕТНОЇ БРИГАДИ (ПОЛКУ)

*В статті розроблений підхід до визначення кількості стрільб зенітної ракетної бригади (полку) з урахуванням глибини зони пуску зенітних ракетних комплексів обмеженої рубежем виконання завдань, довільної геометрії межі об'єкту та прогнозу дії повітряного противника, що надає певної чутливості даному показнику при використанні його для рішення задачі оптимального визначення бойового порядку бригади (полку).*

**Ключові слова:** вогневі можливості, бойовий порядок, глибина зони пуску.

### Вступ

**Постановка проблеми.** При прийнятті рішення командиром зенітної ракетної бригади (*збр*) (полку (*зрп*)) на бойові дії велике значення має оцінка її вогневих можливостей, що здійснюється шляхом розрахунку відповідних показників використовуючи наявну апіорну інформацію включаючи і прогноз дії повітряного противника.

Метою визначення бойового порядку *збр* (*зрп*) для прикриття важливих об'єктів від ударів з повітря є досягнення максимальної кількості стрільб *збр* (*зрп*) при відбитті повітряного удару до рубежу виконання завдань (РВЗ) засобами повітряного нападу (ЗПН) противника [1 – 3]. Однак кількість стрільб *збр* (*зрп*) залежить не тільки від її бойового порядку та рівню її боєготовності а й від тактики застосування ЗПН противника. З огляду на це важливою задачею є визначення кількості стрільб *збр* (*зрп*) з урахуванням прогнозу дії ЗПН противника.

**Аналіз літератури.** Задача визначення кількості стрільб *збр* (*зрп*) здійснюється при значних обмеженнях [1, 2], серед яких дія ЗПН противника приймається рівновірогідно по всім напрямкам відносно об'єкту, по якому виконується завдання, враховується вся глибина зони пуску без обмежень РВЗ, а також межі об'єкту, РВЗ визначаються у вигляді кіл певних радіусів, що призводить до значних похибок в обчисленнях та до нечутливості цього показника при використанні його для визначення бойового порядку *збр* (*зрп*).

**Мета статті.** Таким чином метою даного дослідження є розробка методу розрахунку кількості стрільб *збр* (*зрп*) з урахуванням прогнозу дії засобів повітряного нападу противника та довільної геометрії межі об'єкту.

### Основний матеріал

Кількість стрільб *збр* (*зрп*) визначається наступним чином [1, 3]:

$$N_{\text{стр}} = \sum_{i=1}^m N_{\text{стр}_i}, \quad (1)$$

де  $N_{\text{стр}_i}$  – кількість стрільб  $i$ -го зенітного ракетного дивізіону (*зрдн*) (зенітної ракетної батареї (*зрбатр*));  $m$  – кількість *зрдн* (*зрбатр*) в *збр* (*зрп*).

З метою захисту об'єкту прикриття від ударів ЗПН противника необхідно визначити розміщення *зрдн* (*зрбатр*) таким чином, щоб забезпечити максимальну його (її) участь у поразенні ЗПН до РВЗ з різних напрямків відносно центра об'єкту.

Також необхідно відзначити, що оскільки глибина зони пуску *зрдн* (*зрбатр*) при дії ЗПН з різних напрямків різна, то необхідно визначити кількість стрільб з усіх напрямків, а загальну кількість стрільб *зрдн* (*зрбатр*) визначити у вигляді відповідної суми.

Виходячи з цього припущення було визначено співвідношення для кількості стрільб *зрдн* (*зрбатр*) при дії ЗПН противника до РВЗ наступним чином:

$$N_{\text{стр}_i} = \min \left( \frac{1}{2 \cdot \pi} \int_{\varphi \in \Phi_i} N_{\text{стр}_i}(\varphi) \cdot f(\varphi) d\varphi, \frac{Q_i}{n_i} \right), \quad (2)$$

де  $f(\varphi)$  – щільність розподілу вірогідності дії ЗПН противника відносно центра об'єкту;  $\Phi_i$  – множина напрямків дії ЗПН противника при якій можливе виконання стрільби  $i$ -м *зрдн* (*зрбатр*) до РВЗ;  $N_{\text{стр}_i}(\varphi)$  – кількість стрільб  $i$ -го *зрдн* (*зрбатр*) до РВЗ при дії ЗПН противника з напрямку  $\varphi$  відносно центра об'єкту;  $Q_i$  – кількість готових до бойового застосування ракет на стартових позиціях  $i$ -го *зрдн* (*зрбатр*);  $n_i$  – кількість ЗРК у стрільбі  $i$ -го ЗРК.

Враховуючи модель (2) було визначено співвідношення для кількості стрільб  $N_{\text{стр}_i}(\varphi)$  наступним чином:

$$N_{\text{стр}_i}(\varphi) = \begin{cases} N_{\text{стр}_i}^*(\varphi), & \text{при } R_{\text{д}_i}(\varphi) > R_{\text{РВЗ}}(\varphi) \\ 0, & \text{при } R_{\text{д}_i}(\varphi) \leq R_{\text{РВЗ}}(\varphi) \end{cases} \quad (3)$$

де  $R_{\text{д}_i}(\varphi)$  – відстань від центра об'єкту до дальньої межі зони поразення  $i$ -го ЗРК при дії ЗПН з на-

прямку  $\varphi$ ;  $R_{PB3}(\varphi)$  – відстань від центра об'єкту до РВЗ при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$ ;  $N_{стр_i}^*(\varphi)$  – кількість стрільб, що визначається для багатоканального ЗРК наступним чином [1]:

$$N_{стр_i}^*(\varphi) = \begin{cases} 1 + \frac{T_i^{pp} + t_i^{pp}(\varphi)}{t_i^{пз}}, & \text{при } K_i \cdot t_i^{пз} \geq T_i^{цср}(\varphi); \\ 1 + K_i \cdot \frac{T_i^{pp} + t_i^{pp}(\varphi)}{T_i^{цср}(\varphi)}, & \text{при } K_i \cdot t_i^{пз} < T_i^{цср}(\varphi), \end{cases} \quad (4)$$

де  $T_i^{pp} = t_n - \tau_i \cdot (n_i - 1)$ ;  $t_n$  – тривалість нальоту ЗПН противника;  $t_i^{pp}(\varphi)$  – час перебування цілі у зоні пуску і-го ЗРК при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$  відносно центра об'єкту;  $\tau_i$  – інтервал між пусками зенітних керованих ракет (ЗКР) у черзі і-го ЗРК;  $t_i^{пз}$  – час пошуку та захоплення цілі на супроводження і-им ЗРК;  $K_i$  – кількість каналів і-го ЗРК,  $T_i^{цср}(\varphi)$  – середня тривалість циклу стрільби при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$  відносно центра об'єкту.

$N_{стр_i}^*(\varphi)$  для одноканального ЗРК визначається наступним чином:

$$N_{стр_i}^*(\varphi) = 1 + \frac{t_n + t_i^{pp}(\varphi)}{T_i^{цср}(\varphi)}. \quad (5)$$

На відміну від існуючих методів визначення кількості стрільб [1 – 3] в рівняннях (4, 5) відсутня функція визначення цілої частини, тобто значення кількості стрільб, що визначається по приведених формулах лежить в множині позитивних дійсних чисел.

Така зміна обумовлена необхідністю надання даному показнику максимальної чутливості до зміни бойового порядку *збр* (*зрп*).

Величина  $t_i^{pp}(\varphi)$  у виразах (4, 5) визначається наступним чином:

$$t_i^{pp}(\varphi) = V_{ц} \cdot \Delta R_i(\varphi), \quad (6)$$

де  $V_{ц}$  – максимальна швидкість бойового застосування ЗПН;  $\Delta R_i(\varphi)$  – глибина зони пуску і-го ЗРК при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$  відносно центра об'єкту до РВЗ.

Формування глибини зони пуску  $\Delta R_i(\varphi)$  показано на рис. 1. Глибина зони пуску  $\Delta R_i(\varphi)$  визначається наступним чином:

$$\Delta R_i(\varphi) = \begin{cases} R_{д_i}(\varphi) - R_{PB3}^{\Pi}(\varphi), & \text{при } R_{PB3}(\varphi) > R_{бл_i}(\varphi); \\ R_{д_i}(\varphi) - R_{бл_i}^{\Pi}(\varphi), & \text{при } R_{PB3}(\varphi) \leq R_{бл_i}(\varphi), \end{cases} \quad (7)$$

де  $R_{бл_i}(\varphi)$  – відстань від центра об'єкту до ближньої межі зони поразення і-го ЗРК при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$ ;  $R_{PB3}(\varphi)$  – відстань від центра об'єкту до РВЗ при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$ ;  $R_{PB3}^{\Pi}(\varphi)$  – мінімальна відстань від центра об'єкту до ЗПН, що діє з напрямку  $\varphi$  при якій забезпечується вирішення задачі пуску і поразення ЗПН на РВЗ;  $R_{бл_i}^{\Pi}(\varphi)$  – відстань від центра об'єкту до ближньої межі зони пуску і-го ЗРК при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$ .

Відстані  $R_{д_i}(\varphi)$  і  $R_{бл_i}(\varphi)$  визначаються по відомим  $L_{д_i}(\varphi)$  і  $L_{бл_i}(\varphi)$  (рис. 1) використовуючи наступне співвідношення:

$$D_i = \begin{cases} \sqrt{P_x^2 + P_y^2} \cdot \cos(\gamma - \varphi), & \text{при } P_x \neq 0 \text{ або } P_y \neq 0; \\ 0, & \text{при } P_x = 0 \text{ та } P_y = 0, \end{cases} \quad (8)$$

де  $D_i$  – відстань  $R_{д_i}(\varphi)$  або  $R_{бл_i}(\varphi)$ ,  $P_x = X_i + d_i \cdot \sin(\varphi)$ ,  $P_y = Y_i + d_i \cdot \cos(\varphi)$ ;  $X_i$ ,  $Y_i$  – координати і-го ЗРК в прямокутній системі координат відносно центра об'єкту;  $d_i$  – курсова дальність до дальньої або відповідно до ближньої межі зони поразення і-го ЗРК при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$  відносно центра об'єкту ( $L_{д_i}(\varphi)$  або  $L_{бл_i}(\varphi)$ ),

$$\gamma = \begin{cases} \arctg(P_x/P_y), & \text{при } P_y \neq 0; \\ \pi/2, & \text{при } P_y = 0 \text{ та } P_x > 0; \\ 3\pi/2, & \text{при } P_y = 0 \text{ та } P_x < 0. \end{cases}$$

Оскільки розрахунок кількості стрільб і-им ЗРК ведеться при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$  відносно центра об'єкту до досягнення ЗПН РВЗ то співвідношення для середньої тривалості циклу стрільби  $T_i^{цср}(\varphi)$  необхідно розраховувати в припущенні, що обстріл ЗПН ведеться від дальньої межі зони поразення до ближньої або РВЗ наступним чином:

$$T_i^{цср}(\varphi) = T_i^{пром} + \frac{t_i^{рл}(\varphi) + t_i^{рбл(PB3)}(\varphi)}{2} + t_i^{оц}, \quad (9)$$

де  $T_i^{пром} = t_i^{цв} + t_i^{роб} + \tau_i \cdot (n_i - 1)$ ;  $t_i^{цв}$  – нормативний час відпрацювання даних цілевказівки і-им ЗРК;  $t_i^{роб}$  – нормативний робітний час і-го ЗРК;  $t_i^{оц}$  – нормативний час оцінки результатів стрільби і-го ЗРК;  $t_i^{рл}(\varphi)$  – час польоту ЗКР до дальньої межі зони поразення і-го ЗРК при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$  відносно центра об'єкту;  $t_i^{рбл(PB3)}(\varphi)$  – час польоту ЗКР до ближньої межі зони поразення і-го ЗРК або

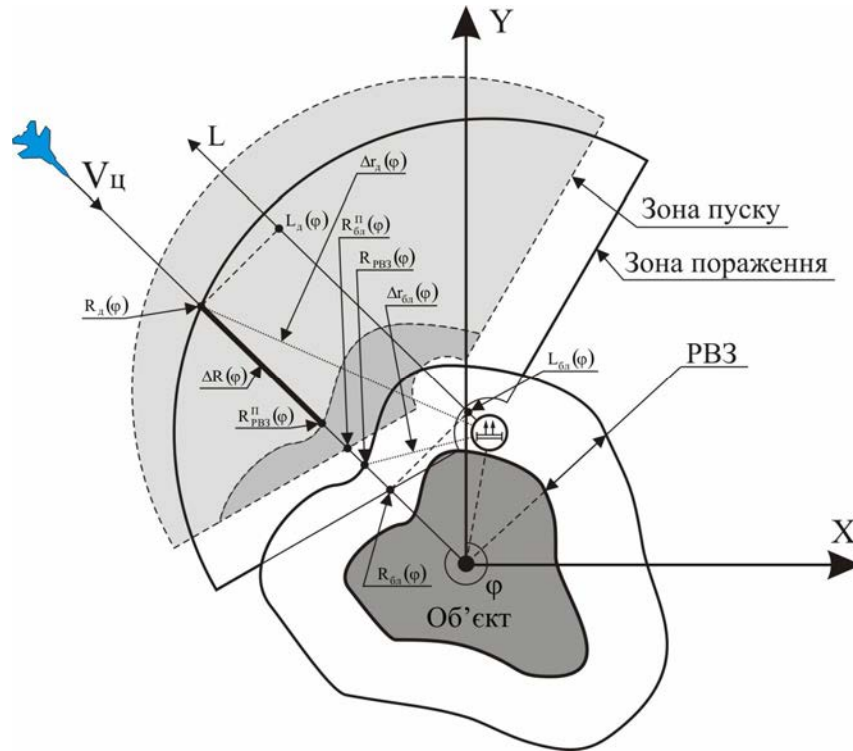


Рис. 1. Модель визначення глибини зони пуску

до РВЗ при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$  відносно центра об'єкту.

Час польоту ЗКР  $t_i^{Pд}(\varphi)$  визначається наступним чином:

$$t_i^{Pд}(\varphi) = \frac{\Delta R_{дi}(\varphi)}{V_{pi}}, \quad (10)$$

де  $\Delta R_{дi}(\varphi)$  – відстань від  $i$ -го ЗРК до дальньої межі зони його поразення при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$  відносно центра об'єкту (рис. 1);  $V_{pi}$  – середня швидкість ЗКР  $i$ -го ЗРК.

Час польоту ЗКР  $t_i^{Pбл(PВЗ)}(\varphi)$  визначається наступним чином:

$$t_i^{Pбл(PВЗ)}(\varphi) = \frac{\Delta R_{блi}(\varphi)}{V_{pi}}, \quad (11)$$

де  $\Delta R_{блi}(\varphi)$  – відстань від  $i$ -го ЗРК до ближньої межі зони його поразення або до РВЗ при дії ЗПН з напрямку  $\varphi$  відносно центра об'єкту (рис. 1).

Відстань  $\Delta R_{дi}(\varphi)$  визначається наступним чином:

$$\Delta R_{дi}(\varphi) = \sqrt{(X_i - R_{дi}(\varphi) \cdot \sin(\varphi))^2 + (Y_i - R_{дi}(\varphi) \cdot \cos(\varphi))^2}. \quad (12)$$

Відстань  $\Delta R_{блi}(\varphi)$  при  $R_{блi}(\varphi) > R_{PВЗ}$  визначається наступним чином:

$$\Delta R_{блi}(\varphi) = \sqrt{(X_i - R_{блi}(\varphi) \cdot \sin(\varphi))^2 + (Y_i - R_{блi}(\varphi) \cdot \cos(\varphi))^2}. \quad (13)$$

Відстань  $\Delta R_{блi}(\varphi)$  при  $R_{блi}(\varphi) \leq R_{PВЗ}$  визначається наступним чином:

$$\Delta R_{блi}(\varphi) = \sqrt{(X_i - R_{PВЗ}(\varphi) \cdot \sin(\varphi))^2 + (Y_i - R_{PВЗ}(\varphi) \cdot \cos(\varphi))^2}. \quad (14)$$

Виходячи з розробленої моделі розрахунку кількості стрільб *зрдн* (*зрбатр*) графічно представленої на рис. 1 можна визначити множини  $\Phi_i$ ,  $i = \{1, 2, \dots, m\}$  виразу (2) як відповідні множини напрямків  $\varphi$ , для яких виконуються умови:

$$R_{дi}(\varphi) \geq R_{PВЗ}^{II}(\varphi), \quad i = \{1, 2, \dots, m\}. \quad (14)$$

## Висновки

Таким чином в даній статті був розроблений підхід до визначення кількості стрільб *збр* (*зрп*), який на відміну від існуючих враховує прогноз дії повітряного противника, глибину зони пуску зенітних ракетних комплексів обмежену РВЗ, довільну геометрію межі об'єкту та РВЗ, а також має дійсну позитивну область значень, що надає певної чутливості даному показнику при використанні його для рішення задачі оптимального визначення бойового порядку *збр* (*зрп*).

**Список літератури**

1. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х: ХВУ, 2003. – 368 с.

2. Справочник офицера противовоздушной обороны / Г.В. Зимин, С.К. Бурмистров, Б.М. Букин и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Воениздат, 1987. – 512 с.

3. Неупокоев Ф.К. Противовоздушный бой. – М.: Воениздат, 1989. – 262 с.

Надійшла до редколегії 12.01.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук. співр. В.В. Баранник, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**УЧЕТ ГЕОМЕТРИИ ГРАНИЦЫ ОБЪЕКТА И РУБЕЖА ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ СРЕДСТВАМИ ВОЗДУШНОГО НАПАДЕНИЯ ПРОТИВНИКА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЛИЧЕСТВА СТРЕЛЬБ ЗЕНИТНОЙ РАКЕТНОЙ БРИГАДЫ (ПОЛКА)**

С.В. Новиченко

*В статье разработан подход к определению количества стрельб зенитной ракетной бригады (полка) с учетом глубины зоны пуска зенитных ракетных комплексов ограниченной рубежом выполнения задания, произвольной геометрии границы объекта и прогноза действий воздушного противника, что придает определенной чувствительности данному показателю при использовании его для решения задачи оптимального определения боевого порядка бригады (полка).*

**Ключевые слова:** огневые возможности, боевой порядок, глубина зоны пуска.

**ACCOUNT OF OBJECT BORDER GEOMETRY AND BORDER OF THE JOB OF OPPONENT AIR ATTACK FACILITIES PROCESSING AT DETERMINING THE AMOUNT OF FIRINGS OF ANTI-AIRCRAFT ROCKET BRIGADE (SHELF)**

S.V. Novichenko

*In the article, going near determination of firings amount of anti-aircraft rocket brigade (shelf) is developed taking into account the depth of starting area of anti-aircraft rocket complexes limited the border of the job processing, to arbitrary geometry of object border and prognosis of actions of air opponent, that gives a certain sensitiveness to this attribute at the use of him for the decision of optimum determination task of battle-order of brigade (shelf).*

**Keywords:** fire possibilities, battle-order, depth of starting area.