УДК 355.58

С.Ю. Гогонянц, О.Б. Титаренко

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КІЛЬКОСТІ СТАРТОВИХ ПОЗИЦІЙ НА ЖИВУЧІСТЬ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО ПІДРОЗДІЛУ ПРИ МАНЕВРЕНИХ СПОСОБАХ ВЕДЕННЯ ПРОТИПОВІТРЯНОГО БОЮ

В статті представлена послідовність аналізу впливу кількості стартових позицій зенітного ракетного підрозділу на його живучість при маневрених способах ведення протиповітряного бою

Ключові слова: *зенітні ракетні війська, протиповітряний бій, маневр, живучість.*

Вступ

Постановка проблеми. Оборонна доктрина України, суттєві скорочення чисельності і обмеження воєнного бюджету Збройних Сил України стали об'єктивною причиною зростання ролі зенітних ракетних військ (ЗРВ), як основної вогневої сили Повітряних Сил, у вирішенні завдань відвернення або, щонайменш, зменшення можливих втрат військ і об'єктів від ударів з повітря.

Готовність до виконання завдань у відповідності загальновідомим принципам бойового застосування зенітних ракетних (ракетно-артилерійських) підрозділів [1] визначається тим, як надалі будуть змінюватись якісні параметри зенітного ракетного озброєння і напрями розвитку тактики ЗРВ.

Досвід бойового застосування ЗРВ [1-5] свідчить про неухильне зростання динаміки і швидкоплинності протиповітряних боїв, що диктує необхідність прийняття обґрунтованих і оперативних рішень на застосування зенітного ракетного озброєння не лише в інтересах знищення засобів повітряного нападу (ЗПН), а і для збереження бойової техніки для подальших дій.

Такий підхід підкреслює зростання ролі маневру в інтересах забезпечення живучості вогневих підрозділів ЗРВ у будь-яких формах їх застосування та вимагає обґрунтованого підходу до його організації і здійснення ще на етапі підготовки бойових дій, зокрема до вибору та обладнання визначеної кількості стартових позицій (СП), які доцільно обладнати та зайняти для ведення протиповітряного бою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових підходів щодо обґрунтування варіантів обладнання стартових позицій зенітного ракетного підрозділу для здійснення маневру і відбиття удару засобів повітряного нападу (ЗПН) противника свідчить про те, що дослідження в цьому напрямку не припиняються.

Існує достатня кількість методик визначення способів мобільних дій ЗРВ. У їх основу покладені підходи щодо визначення стохастичних характеристик маневру зенітного ракетного підрозділу [6-9]. При цьому моделі бою, що лежать в основі [7-9] описують системні зв'язки між субпроцесами стрільби зенітними керованими ракетами та маневром підрозділу, що дає можливість опису закономірностей впливу на ефективність протиповітряного бою і на живучість підрозділу інтенсивності його маневру, і, як наслідок, визначення раціональних способів ведення протиповітряного бою. В той же час у зазначених роботах не достатньо глибоко викладено послідовність вибору стартової позиції для здійснення маневру підрозділу в передбаченні протиповітряного бою, що потребує певного уточнення.

Формулювання мети статті. Виходячи із зазначеного, метою статті є розгляд послідовності аналізу *впливу кількості стартових позицій на живучість зенітного ракетного підрозділу при маневрених способах ведення протиповітряного бою*.

Виклад основного матеріалу

Враховуючи те, що протиповітряний бій є процесом конфліктної природи, для аналізу застосовано модель вибору позиції з використанням методів теорії ігор та лінійного програмування [7-9].

Припустимо, що в період завчасної підготовки до протиповітряного бою командир зенітного ракетного підрозділу може прийняти бій на основній позиції або здійснити прихований маневр на запасну позицію.

В першому випадку ймовірність ураження зенітного ракетного комплексу (ЗРК) дорівнює γ, в другому - β. Оскільки основна позиція зазвичай обладнана інженерними спорудами і укриттям для особового складу та техніки, то логічно передбачити, що $\gamma<\beta$. В будь-якому випадку вільна позиція обладнується як удавана, тобто на ній встановлюються макети озброєння та імітується життєдіяльність. Тому будемо вважати, що дійсне місце дислокації зенітного ракетного підрозділу противнику невідоме.

Нехай для придушення дивізіону противник має один засіб повітряного нападу, при використанні якого, він може нанести удар або по основній, або по запасній позиції, координати яких йому відомі.

Метою противника (стратегією нападу) є знищення зенітного ракетного комплексу, як головного елемента підрозділу, що несе в собі найвищу загрозу для ЗПН.

У той же час, командир підрозділу переслідує протилежну мету (стратегію оборони) – зберегти особовий склад та озброєння для відбиття наступних ударів повітряного противника по об'єкту, який прикривається.

Задача формалізується у вигляді антагоністичної матричної гри 2×2 з матрицею виграшу гравця нападу $A = \begin{pmatrix} \gamma & 0 \\ 0 & \beta \end{pmatrix}$ [10], рис. 1.

Стратегії нападу	Стратегії оборони	
	Основна позиція	Запасна позиція
Основна позиція	γ	0
Запасна позиція	0	β

Рис. 1. Матриця гри

Враховуючи те, що матриця виграшів A симетрична, змішані стратегії першого f_1^* та другого f_2^* гравців мають вигляд

$$f_1^* = \frac{\beta}{\gamma + \beta}, f_2^* = \frac{\gamma}{\gamma + \beta}.$$

При цьому ціна гри V визначається як середня ймовірність знищення ЗРК [11]

$$V = \frac{\gamma\beta}{\gamma + \beta}.$$

Не дивлячись на тривіальність постановки задачі та її розв'язку, з неї витікає ряд важливих висновків. По-перше, якщо є хоча б одна абсолютно захищена позиція $(\gamma = 0)$, то ймовірність збереження боєздатності підрозділу дорівнює 1.

По-друге, якщо навіть обидві позиції мають максимальну вразливість $(\gamma = 1,\ \beta = 1)$, то і в цьому випадку ймовірність збереження підрозділу дорівнює 0,5. Це засвідчує доцільність використання запасних і удаваних позицій та ефективність мобільної оборони.

Враховуючи досвід бойового застосування ЗПН в останніх конфліктах доцільно ускладнити задачу.

Збільшимо кількість ударних літаків противника до двох. У такому випадку перед противником виникає завдання їх раціонального розподілу для нанесення удару по основній та запасній позиції. В цьому випадку противник має три стратегії $m = 3$:

ОО: нанести удар по основній позиції двома літаками $(i = 1)$;

ОЗ: нанести удар одним літаком по основній позиції, а другим – по запасній $(i = 2)$;

ЗЗ: нанести удар по запасній позиції двома літаками $(i = 3)$.

Таким чином, отримана гра $(m \times 2)$ і матриця виграшів гравця нападу A матиме вигляд

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta & 0 \\ \gamma & \beta \\ 0 & \xi \end{pmatrix}.$$

Якщо літаки в парі діють по одній позиції незалежно, то ймовірність знищення ЗРК двома літаками дорівнює $\delta = 1 - (1-\gamma)^2 = 2\gamma - \gamma^2$ для основної та $\xi = 2\beta - \beta^2$ для запасної позиції. Але, якщо дії літаків у парі взаємно узгоджені і авіаційний удар по позиції здійснюється за раніше розробленим планом, то $\delta > 2\gamma - \gamma^2$ і $\xi > 2\beta - \beta^2$.

Зрозуміло, що матриця A не зводиться, а гра не має сідлової точки в чистих стратегіях [10], оскільки компоненти першого стовпця матриці зменшуються $(\delta > \gamma > 0)$, а другого – збільшуються $(0 < \beta < \xi)$ зі зростанням індексу стратегії j. Оскільки кількість ненульових компонент в оптимальних змішаних стратегіях першого і другого гравців дорівнює двом, то зведене рішення гри є розв'язком однієї з трьох спряжених пар систем лінійних рівнянь [11]:

$$\begin{aligned} &\delta x_1 = 1; \\ &\gamma x_1 + \beta x_2 = 1; \\ &\delta y_1 + \gamma y_2 = 1; \\ &\beta y_2 = 1. \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} &\delta x_1 = 1; \\ &\xi x_2 = 1; \\ &\delta y_1 = 1; \\ &\xi y_3 = 1. \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned} &\gamma x_1 + \beta x_2 = 1; \\ &\xi x_2 = 1; \\ &\gamma y_2 = 1; \\ &\beta y_2 + \xi y_3 = 1. \end{aligned} \tag{3}$$

Системи (1 – 3) мають такі розв'язки:

$$x_1^{(1)} = \frac{1}{\delta}, \quad x_2^{(1)} = \frac{\delta - \gamma}{\beta\delta},$$

$$y_1^{(1)} = \frac{\beta - \gamma}{\beta\delta}, \quad y_2^{(1)} = \frac{1}{\beta}, \quad y_3^{(1)} = 0;$$

$$x_1^{(2)} = \frac{1}{\delta}, x_2^{(2)} = \frac{1}{\xi}, y_1^{(2)} = \frac{1}{\delta}, y_2^{(2)} = 0, y_3^{(2)} = \frac{1}{\xi};$$

$$x_1^{(3)} = \frac{\xi - \beta}{\xi\gamma}, \quad x_2^{(3)} = \frac{1}{\xi},$$

$$y_1^{(3)} = 0, \quad y_2^{(3)} = \frac{1}{\gamma}, \quad y_3^{(3)} = \frac{\gamma - \beta}{\xi\gamma}.$$

Значення цін ігор за представленими розв'язками (1 – 3) визначається виразами

$$V_1 = \frac{\beta\delta}{\delta + \beta - \gamma}, V_2 = \frac{\xi\delta}{\xi + \delta}, V_3 = \frac{\xi\gamma}{\xi + \gamma - \beta}.$$

Значення ціни гри залежить від співвідношення параметрів задачі [9] і дорівнює

$$V = \begin{cases} V_1, \beta \ge \gamma, \dfrac{\beta}{\xi} + \dfrac{\gamma}{\delta} \ge 1, \\ V_2, \dfrac{\beta}{\xi} + \dfrac{\gamma}{\delta} < 1, \\ V_3, \beta < \gamma, \dfrac{\beta}{\xi} + \dfrac{\gamma}{\delta} \ge 1. \end{cases}$$

Дійсно, якщо, наприклад $\beta < \gamma$, то

$$V = \max\{V_2, V_3\} = \max\left\{\frac{\delta}{\xi + \delta}, \frac{\gamma}{\xi + \gamma - \beta}\right\}.$$

Припустимо, що при цьому нерівність $\frac{\beta}{\xi} + \frac{\gamma}{\delta} \ge 1$ вірна, тоді її можна перетворити наступним чином:

$$\gamma\xi + \delta\beta \ge \delta\xi,$$
$$\gamma\xi + \gamma\delta \ge \delta\xi - \delta\beta + \gamma\delta,$$
$$\xi\gamma(\xi + \delta) \ge \xi\delta(\xi - \beta + \gamma).$$

Далі отримуємо:

$$V_3 = \frac{\xi\gamma}{\xi + \gamma - \beta} \ge \frac{\xi\delta}{\xi + \delta} = V_2,$$

тому

$$V = \max\{V_2, V_3\} = V_3.$$

Аналогічно можна показати, що за умови $\beta \ge \gamma, \frac{\beta}{\xi} + \frac{\gamma}{\delta} \ge 1$ слідує, що $V = V_1$.

А якщо $\frac{\beta}{\xi} + \frac{\gamma}{\delta} < 1$, то $V_2 > V_3$ і $V_2 > V_1$ при будь-якому співвідношенні β та γ.

Припустимо, що $\delta = 2\lambda - \gamma^2, \xi = 2\beta - \beta^2$. Тоді, які б не були $0 < \beta < 1$ і $0 < \gamma < 1$,

$$\frac{\beta}{\xi} + \frac{\gamma}{\delta} = \frac{\beta}{2\beta - \beta^2} + \frac{\gamma}{2\lambda - \gamma^2} = \frac{1}{2 - \beta} + \frac{1}{2 - \gamma} \ge 1.$$

Тому в цьому випадку

$$V = \begin{cases} V_1, \beta \ge \gamma, \\ V_3, \beta < \gamma. \end{cases}$$

Якщо $\xi = \delta = 1$, то незалежно від співвідношення β та γ значення гри $V = V_2 = \frac{1}{2}$.

Зрозуміло, що рішення гри також залежить від співвідношення компонент матриці виграшів $\beta, \gamma, \delta, \xi$.

Позначимо

$$d_1 = \delta + \beta - \gamma, \ d_2 = \xi + \gamma - \beta,$$

маємо:

для $\beta \ge \gamma, \frac{\beta}{\xi} + \frac{\gamma}{\delta} \ge 1$:

$$f_1^* = \frac{\beta - \gamma}{d_1}, \quad f_2^* = \frac{\delta}{d_1}, \quad f_3^* = 0;$$

$$g_1^* = \frac{\delta}{d_1}, \quad g_2^* = \frac{\delta - \gamma}{d_1};$$

для $\frac{\beta}{\xi} + \frac{\gamma}{\delta} < 1$:

$$f_1^* = \frac{\xi}{\xi + \delta}, f_2^* = 0, \quad f_3^* = \frac{\delta}{\xi + \delta};$$

$$g_1^* = f_1^*, \quad g_2^* = f_3^*;$$

для $\beta < \gamma, \frac{\beta}{\xi} + \frac{\gamma}{\delta} \ge 1$:

$$f_1^* = 0, f_2^* = \frac{\xi}{d_2}, \quad f_3^* = \frac{\gamma - \beta}{d_2};$$

$$g_1^* = \frac{\xi - \beta}{d_2}, \quad g_2^* = \frac{\gamma}{d_2}.$$

З отриманих співвідношень слідує низка загальних висновків відносно оптимальних стратегій противників. Потрібно відмітити, що часто навіть такі висновки та загальні рекомендації становлять найбільшу цінність для дослідження.

Отже, висновки щодо противника:

якщо обладнані для ЗРК СП нерівноцінні $(\beta \ne \gamma)$, то нанесення удару двома літаками по менш надійній позиції недоцільно;

ймовірність знищення ЗРК, незалежно від обраної стратегії, буде не нижче величини $V_2 = \frac{\xi\delta}{\xi + \delta}$, а нижня межа цієї ймовірності може бути підвищена противником за рахунок збільшення ймовірностей ξ і δ в результаті ретельного планування та організації взаємодії літаків. Однак в будь-якому випадку $V_2 \le \frac{1}{2}$;

середня ймовірність знищення комплексу противником не перевищує ймовірність його знищення одним літаком при перебуванні підрозділу на менш надійній позиції, тобто $V \le \beta$, якщо $\beta \ge \gamma$ та $V \le \gamma$, якщо $\beta < \gamma$. При цьому верхньої межі вона досягає лише тоді, коли ймовірність поразки ЗРК парою літаків δ (або ξ) дорівнює одиниці. Звідси слідує важливість для противника не тільки покращити погодженість дій пари, але й підвищити бойову ефективність окремих літаків;

якщо сума відношень імовірності ураження комплексу одним літаком до імовірності його поразки двома літаками для основної та запасної позиції менша одиниці, то нанесення удару одним літаком по кожній позиції недоцільне;

при ударі по рівноцінних позиціях $(\beta = \gamma)$ противнику доцільно розподілити зусилля порівну, призначивши по одному літаку на кожну позицію.

Висновки по своїх силах та засобах: зенітний ракетний підрозділ має ризик втратити боєздатність, яка оцінюється знизу ймовірністю $\frac{\xi\delta}{\xi + \delta}$. Ризик, якого неможливо уникнути, залежить від бойових можливостей пар літаків. Отже, якщо ймовірність знищення комплексу парою літаків на будь-якій позиції дорівнює 0,8, то ймовірність втрати боєздатності не нижче 0,8. Знизити цей фактор можливо за рахунок застосування багатоканальних ЗРК, підвищенням живучості озброєння його ретельним маскуванням на місцевості;

маневр підрозділу на запасну позицію доцільний, якщо $\delta - \gamma > \beta$ (у випадку, коли $\beta \geq \lambda$). Чим вища небезпека удару пари літаків по основній позиції і чим більша вона в порівнянні з небезпекою поодинокого літака, тим більш доцільний маневр підрозділу.

Проте, слід мати на увазі, що доцільність маневру не є директивною.

Так, наприклад, якщо $\gamma = 0,2; \delta = 0,6; \beta = 0,3,$ і $\delta - \gamma > \beta$, то це означає лише, що маневр повинен здійснюватися з імовірністю, більшою за 0,5:

$$g_2^* = \frac{\delta - \gamma}{\delta - \gamma + \beta} =$$

$$= \frac{0,6 - 0,2}{0,6 - 0,2 + 0,3} = \frac{0,4}{0,7} = \frac{4}{7} > 0,5.$$

Висновки

Таким чином, навіть елементарний аналіз конфліктної ситуації дозволяє отримати досить конкретну інформацію, яка необхідна для оцінки ступеня її небезпеки та прийняття рішення.

Представлений підхід може бути використаний для розроблення та удосконалення існуючого науково-методичного апарату для дослідження закономірностей процесів бою та вироблення практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності маневрових способів ведення протиповітряного бою.

Список літератури

1. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку) / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко // ХВУ – Х, 2004 – 409 с.

2. Радецький В.Г. Протиповітряна оборона у локальних війнах і збройних конфліктах / В.Г. Радецький, І.С. Руснак, П.В. Щипанський – К.: НАОУ, 2007. – 254 с.

3. Загорка А.Н. Борьба с крылатыми ракетами: военно-технический аспект / А.Н. Загорка, А.В. Дейнега, В.Н. Кочетков // Арсенал XXI века. – 2000. – № 1. – С. 28 – 30.

4. Маначинский А.Я. Военный аспект операции «Лис пустыни» // Арсенал XXI века. – 1999. – № 1. – С. 36 – 43.

5. Александров И.О. НАТО против Югославии: хроника необъявленной войны // Зарубежное военное обозрение.-1999.- № 6.- С.7-11; № 7.- С.10-14; № 8. – С.6-10.

6. Торопчин А.Я. Синтез адаптивних структур системи зенітного ракетного прикриття об'єктів і військ та оцінка їх ефективності (теорія, практика, тенденції розвитку) / А.Я. Торопчин, Г.А. Дробаха, М.О.Єрмошин. – Х : .ХУПС, 2006. – 348 с.

7. Городнов В.П. Моделирование боевых действий частей, соединений и объединений войск / В.П. Городнов. – Х.: ВИРТА ПВО, 1987. – 387 с.

8. Кириченко И.О. Моделирование вооружения зенитных ракетних войск / И.О. Кириченко. – Х.: ВИРТА ПВО, 1990. – 197 с.

9. Кириченко И.О. Математические основы исследования и анализа сложных систем вооружения ПВО / И.О. Кириченко – Х.: ВИРТА ПВО, 1987. – 242 с.

10. Давыдов Э.Г. Методы и модели теории антагонистических игр / Э.Г. Давыдов. – М.: МГУ, 1978. – 89 с.

11. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами / Ю.Б. Гермейер. – М.: Наука, 1976. – 126 с.

Надійшла до редколегії 25.08.2014

Рецензент: д-р техн. наук проф. А.В. Крижний, Національний університет оборони України ім. І. Черняховського, Київ.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КІЛЬКОСТІ СТАРТОВИХ ПОЗИЦІЙ НА ЖИВУЧІСТЬ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО ПІДРОЗДІЛУ ПРИ МАНЕВРЕНИХ СПОСОБАХ ВЕДЕННЯ ПРОТИПОВІТРЯНОГО БОЮ

С.Ю. Гогонянц, О.Б. Титаренко

В статті представлена послідовність аналізу впливу кількості стартових позицій зенітного ракетного підрозділу на його живучість при маневрених способах ведення протиповітряного бою.

Ключові слова: *зенітні ракетні війська, протиповітряний бій, маневр, живучість.*

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КІЛЬКОСТІ СТАРТОВИХ ПОЗИЦІЙ НА ЖИВУЧІСТЬ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО ПІДРОЗДІЛУ ПРИ МАНЕВРЕНИХ СПОСОБАХ ВЕДЕННЯ ПРОТИПОВІТРЯНОГО БОЮ

С.Ю. Гогонянц, О.Б. Титаренко

В статті представлена послідовність аналізу впливу кількості стартових позицій зенітного ракетного підрозділу на його живучість при маневрених способах ведення протиповітряного бою.

Ключові слова: *зенітні ракетні війська, протиповітряний бій, маневр, живучість.*