

УДК 623.765

О.В. Коломійцев, В.Є. Кудряшов, А.Ф. Шевченко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ЕФЕКТИВНІСТЬ УПРАВЛІННЯ ВОГНЕМ ТА СТРІЛЬБИ ПЕРЕНОСНОГО ЗРК В ОБУМОВЛЕНИХ УМОВАХ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Запропоновано часткова методика визначення ефективності управління вогнем та стрільбою переносного зенітного ракетного комплексу (ПЗРК) в обумовлених умовах його застосування з урахуванням впливу активних завад по каналах радіолінії та по радіолокаційним каналам їх виявлення, умовної імовірності ураження цілей при умові вогневої протидії противника. Проведено аналіз значень математичного сподівання кількості уражених цілей, які знищуються батареєю, що озброєна ПЗРК, при відбитті залпового нальоту противника.

**Ключові слова:** переносний зенітний ракетний комплекс, головка самонаведення.

### Вступ

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній час одним з найбільш ефективних і поширених засобів боротьби з повітряними об'єктами при веденні бойових дій (операцій) стали сучасні переносні зенітні ракетні комплекси (ПЗРК). Про те, наскільки ефективні сучасні ПЗРК в боротьбі з літальними апаратами (ЛА) різного призначення, свідчать далеко не всі відомі результати їх застосування в ході бойових дій (операцій). Застосування сучасних ПЗРК проти ЛА різко обмежує діапазон висот застосування всіх типів бойової пілотованої авіації, робить негативний вплив на точність завдання ударів по наземних і надводних цілях. Виходячи з основних бойових характеристик ПЗРК, літаки і вертольоти можуть бути уражені на висотах до 3,5 км в зоні шириною до 5 км. З урахуванням цих і інших чинників ймовірність поразки достатньо велика, що неодноразово підтверджувалося останніми роками.

**Аналіз останніх публікацій.** Аналіз публікацій по зразкам ПЗРК та офіційним оголошенням по «Інтернету», свідчить про те, що після розпаду Радянського Союзу на базах ЗС України у достатній кількості залишилися ПЗРК 9К310 «Ігла-1». 9К310 призначені для ураження реактивних, турбогвинтових та гвинтомоторних літаків, а також вертольотів на зустрічних та догоних курсах. Причому стрільба ведеться в умовах природних та штучних теплових перешкод при візуальній видимості цілей. Пуск зенітної керованої ракети (ЗКР) 9М39 здійснюється стрільцем-зенітником з плеча або з коліна, забезпечуючи огляд повітряного простору. Автоматичне та ручне взяття цілі на супроводження забезпечує попадання ЗКР в найуразливіші елементи конструкції цілі (ЛА).

**Метою статті** є представлення результатів наукових досліджень щодо розробки часткової методики визначення ефективності управління вогнем та

стрільби переносного зенітного ракетного комплексу в обумовлених умовах його застосування.

### Виклад основного матеріалу

Виходячи з оцінки можливих дій повітряного противника у першому ударі по бригадно-артилерійській групі очікуємо наявність літаків та вертольотів. На першу добу кількість літаків, які наносять удари по прикриваним військам, та вертольотів складає до 25 одиниць. Управління вогнем проводиться на фоні активних завад по каналах радіолінії та по радіолокаційним (р/л) каналам виявлення цілей.

До початку першого удару батарея, озброєна ПЗРК, складається з  $N$  цільових каналів (ЦК) та одного, батареиноного командного пункту (БКП, ПУ-12). До ураження БКП, або дивізійний командний пункт (ДКП, ППРУ-1М), застосовується тільки централізований цілерозподіл (ЦЦР), а після його ураження – децентралізований цілерозподіл (ДЦР). За час першого удару та першої доби повітряної операції батарея не поповнюється новими ПЗРК та БКП. Випадкові події ураження ЦК або БКП (ДКП) є незалежними, що обумовлене різними засобами озброєння та їх придушення. До засобів ураження насамперед відносяться ВТЗ (високоточна зброя).

В сучасних умовах на одну добу по РЛС (ДКП) слід очікувати не менш як 7 елементів ВТЗ з різноманітними головками самонаведення. З цих 7 елементів ВТЗ до трьох будуть з пасивними р/л головками самонаведення (ГСН), а решта з інфрачервоними (ІЧ) та лазерними ГСН.

Треба знайти математичне сподівання  $M_K$  кількості уражених повітряних цілей (ЛА), які знищуються батареєю при відбитті залпового нальоту у  $K$  (першу) добу операції [1]. Так

$$M_K = \Theta_{ПК} \cdot M_{ЦК} + (1 - \Theta_{ПК}) \cdot M_{ДК}, \quad (1)$$

де  $\Theta_{ПК}$  – імовірність існування (не ураження) БКП

(ДКП) на  $K$  добу операції;  $M_{ЦК}$ ,  $M_{ДК}$  – відповідно математичне сподівання (МСП) кількості цілей, уражених батареєю при відбитті нальоту на  $K$  добу при ДЦР та ДЦР.

Коли усі виявлені цілі ДКП або РЛС старшого начальника будуть обстріляні,  $M_{ЦК}$  можливо визначити за формулою [1]:

$$M_{ЦК} \approx \begin{cases} \Lambda \cdot P_{СП} \cdot P_{ОЛ} \cdot P_{ОП} \cdot R_1^*, & \text{коли } \Lambda \cdot P_{СП} \leq N; \\ N \cdot P_{ОЛ} \cdot P_{ОП} \cdot R_1^*, & \text{коли } \Lambda \cdot P_{СП} > N, \end{cases} \quad (2)$$

де  $\Lambda$ ,  $N$  – кількість цілей в нальоті та кількість ЦК відповідно;  $P_{СП}$  – імовірність вірного виявлення цілей при фіксованій імовірності помилкової тривоги  $F$  (для ДКП  $P_{СП}=0,5$ , коли  $F \approx 0,13$ ; для ПРВ-16А  $P_{СП}=0,5$ , коли  $F \approx 7 \cdot 10^{-3}$ );  $P_{ОЛ}$  – імовірність вірного виявлення цілі хоча б одним стрілкою-зенітником (с/з) з відділення с/з в умовах завад по каналу радіоліній (радіолінії є між БКП (ПУ-12) та ЦК, або між БКП та П-19Ш (ПРВ-16А));  $P_{ОП}$  – імовірність вірного виявлення цілі с/з при наявності цілевказівки (ЦВ) в секторі  $60^\circ$  ( $\sim 0,5$ ) [2, 4];  $R_1^*$  – умовна імовірність ураження повітряної цілі при стрільбі одною ракетою [2], яка дорівнює

$$R_1^* = P_{П} \cdot P_{В} \cdot P_{Н} \cdot P_{У}, \quad (3)$$

де  $P_{П}$  – імовірність своєчасного пуску ракети ( $\sim 0,5$ );  $P_{В}$  – імовірність нормального виводу ракети до точки зустрічі з ціллю ( $\sim 0,75$ );  $P_{Н}$  – імовірність нормального функціонування ракети у польоті, або надійність роботи ( $\sim 0,9$ );  $P_{У}$  – умовна імовірність ураження типової цілі (ТЦ) типу Су-7Б ( $\sim 0,5$ ).

При наявності активних завад на рівні слабких значення  $P_{ОЛ} \sim 0,81$ , а при потужних завадах –  $0,29$  [1]. Визначення  $R_1^*$  по виразу (3) надає значення  $0,17$ , хоча після проведення пуску ракети та її якісного виводу до точки зустрічі з ціллю  $R_1^*$  підвищується до величини  $0,45$ . Відсутність ЦВ навіть при наявності оповіщення о знаходженні цілей у повітрі проводить до пропуску (не виявленню) цілі. По досвіду застосування імовірність пропуску цілі  $R_{ПР}$  типу Міг-21 на малих висотах становить  $0,4$ , а на середніх –  $0,8$  [4]. Тоді, імовірність пропуску цілі зенітним відділенням дорівнює

$$R_{ПР} = \prod_{i=1}^3 R_{ПРi} \approx R_{ПР1}^3. \quad (4)$$

На малих висотах польоту цілі (вертоліт) отримуємо  $R_{ПР} \approx 0,064$ , на середніх висотах (літак) –  $R_{ПР} \approx 0,51$ . Імовірність вірного виявлення цілі хоча б одним с/з  $P_0$  знаходимо по грубому припущенню [2]:

$$P_0 \approx 1 - R_{ПР}.$$

Тоді, імовірність вірного виявлення вертольоту хоч б одним с/з з відділення  $P_0$  дорівнює приблизно  $0,94$ , а літака –  $0,49$ . Події виявлення здійснюються при наявності оповіщення о знаходженні цілі у пові-

трі за три хвилини і більше [4]. Аналогічно  $P_0$  для одного с/з при виявленні вертольоту дорівнює приблизно  $0,6$ , а літака –  $0,2$ . МСП кількості уражених одиноких цілей за стрільбу  $N$  ЦК при ДЦР в батареї (взводі) з урахуванням недостовірного виявлення цілей с/з знаходимо з виразу [1]:

$$M_{ДК} \approx \Lambda - \Lambda \left\{ 1 - \frac{R_1^*}{\Lambda} \left[ 1 - (1 - P_0)^\Lambda \right] \right\}^N. \quad (5)$$

Імовірність існування БКП (ДКП) дорівнює

$$\Theta_{ПК} \approx 1 - R_{ДКП}, \quad (6)$$

де  $R_{ДКП}$  – умовна імовірність ураження ДКП (БКП) від різноманітних елементів ВТЗ.

Коли ДКП (БКП) знаходиться на стартовій позиції у стандартному окопі, або в русі, тоді

$$R_{ДКП} \approx \frac{\beta_0^2}{\beta_0^2 + 2\sigma_{ВТЗ}^2} \text{EXP} \left\{ -\frac{\chi^2}{\beta_0^2 + 2\sigma_{ВТЗ}^2} \right\}, \quad (7)$$

де  $\beta_0$  – параметр колового закону ураження ДКП (БКП);  $\sigma_{ВТЗ}$  – середньоквадратичне відхилення (СКВ) помилки наведення елемента ВТЗ на БКП (ДКП) (СКВ помилок наведення елементів ВТЗ з ІЧ ГСН та р/л ГСН відповідно дорівнює  $2,5$  м та  $8,0$  м [8]);  $\chi$  – відстань між місцем підризу БЧ елемента ВТЗ та БКП (ДКП).

При захваті та наведенні протирадіолокаційної ракети (ПРР) з р/л ГСН на ДКП, який знаходиться у стандартному окопі  $\beta_0 \approx 43,7$  м. Якщо ДКП на марші, в тих же умовах, тоді  $\beta_0 \approx 61,6$  м. Зниження параметру  $\beta_0$  обумовлено зменшенням площини проекції агрегатів ДКП на площину розльоту осколків БЧ ПРР. При атаці елементами ВТЗ з ІЧ ГСН БКП (ДКП)  $\beta_0 \approx 30,5$  м ( $42,4$  м), коли КП знаходиться в окопах. Відповідно на марші (в русі)  $\beta_0$  для БКП (ДКП) приблизно дорівнює  $42,5$  м ( $59,0$  м). Своєчасне виявлення елементи ВТЗ с параметром польоту близьким до нуля, та негайне вимикання передавальної системи ДКП (ППРУ-1М) дозволяє суттєво знижувати  $R_{ДКП}$ . Коли ДКП знаходиться на стартовій позиції (СП) та по його випромінюванню наводиться ПРР з р/л ГСН  $R_{ДКП}$  дорівнює

$$R_{ДКП} = R_{ДКП0} \text{EXP} \left\{ -\frac{(0,1 \cdot t)^2}{2} \right\}, \quad (8)$$

де  $R_{ДКП0}$  – умовна імовірність ураження ДКП при наведенні на нього ПРР, або кількість прямих влучень в ДКП при «п» пусках ПРР ( $\sim 0,95$ );  $t$  – час польоту ПРР з пасивною р/л ГСН к СП ДКП після вимикання передавальної системи ППРУ-1М.

Час польоту ПРР з пасивною р/л ГСН к СП ДКП або РЛС старшого начальника в основному залежить від дальності виявлення елемента ВТЗ. Дальність виявлення ПРР в умовах завад з урахуванням якості роботи операторів дорівнює [6, 7]:

$$D_{В.з.} = D_{В.ТЦ} \sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{ТЦ}}\right) \cdot \left(\frac{1}{1+\Delta P}\right) \cdot K_{ОП} \cdot K_3^{(+)}} \quad (9)$$

де  $K_{ОП} = \left(\frac{q^2}{2}\right)_{ТЦ} / \left(\frac{q^2}{2}\right)$  – коефіцієнт якості

бойової роботи операторів;  $\left(\frac{q^2}{2}\right)_{ТЦ}$ ,  $\left(\frac{q^2}{2}\right)$  –

відношення сигнал-шум по ТЦ, при якому забезпечується  $P_{СП}$ , та відношення сигнал-шум, яке реалізовує оператор при виявленні ПРР;  $D_{В.з.}$ ,  $D_{В.ТЦ}$  – дальність виявлення цілі в умовах завад та дальність виявлення ТЦ;  $\sigma$ ,  $\sigma_{ТЦ}$  – ефективна поверхня розсіювання ПРР та ТЦ;  $\Delta P = \frac{P_3}{P_{О.Ш}}$  – відношення потужності завад  $P_3$  до потужності особистих шумів в р/л каналі виявлення цілей  $P_{О.Ш}$ ;  $K_3^{(+)}$  – показник впливу кутів закриття РЛС ДКП.

Зниження величин  $R_{ДКП}$  ( $R_{БКП}$ ) можливо за рахунок впровадження «пасток» в р/л, ІЧ та лазерному діапазоні довжин хвиль. Так, коли треба забезпечити  $R_{ДКП}$  ( $R_{БКП}$ ) не більше 0,2, тобто  $R_{КП}$  задане, то МСП кількості «пасток»  $L_{л}$  дорівнює

$$L_{л} \geq \frac{R_{ДКП0}}{1 - (1 - R_{КП})^{-m}} - 1, \quad (10)$$

де  $m \approx L \cdot k$ ;  $L$  – кількість бронетанкової техніки (БТТ) в секторі огляду ГСН ПРР (при щільності військ, що очікується,  $L$  приблизно дорівнює до 4);  $k$  – кількість елементів ВТЗ, які наводяться на одну одиницю БТТ (при сучасному рівні  $k \approx$  до 5).

## Висновки

Таким чином, представлена часткова методика, яка дозволяє визначити ефективність управління

вогнем та стрільби переносним зенітним ракетним комплексом в заданих умовах його застосування.

В даній частковій методиці враховані вплив активних завад по каналах радіоліній та по радіолокаційним каналам їх виявлення, умовні імовірності ураження цілей з урахування вогневої протидії противника. Аналіз значень математичного сподівання кількості уражених цілей, які знищуються батареєю, озброєною переносним зенітним ракетним комплексом при відбитті залпового нальоту, дозволить визначити найбільш ефективні умови ведення стрільби та управління вогнем.

## Список літератури

1. Основы стрельбы и управления огнем войсковых ЗРК. Часть 1 / под ред. Г.В. Семенова. – К.: КВАИУ, 1971. – 468 с.
2. Пособие по изучению Правил стрельбы. Часть 8. Переносные ЗРК «Игла» («Игла – 1») – М.: Воениздат, 1989. – 120 с.
3. Правила стрельбы и боевой работы на ЗРК войсковой ПВО. Часть 7. ПЗРК «Игла» («Игла-1»). – М.: Воениздат, 1985. – 136 с.
4. Пособие по изучению Правил стрельбы. Часть 7. ЗРК «Китобой», «Стрела – 10М2». – М.: Воениздат, 1989. – 128 с.
5. Теоретические основы радиолокации / под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Сов. радио, 1970. – 560 с.
6. Теоретические основы радиолокации / под ред. В.Е. Дулевича. – М.: Сов. радио, 1978. – 608 с.
7. Зимин Г.В. Справочник офицера противовоздушной обороны / Г.В. Зимин, С.К. Бурмистов и др. – М.: Воениздат, 1987. – 512 с.

Надійшла до редколегії 15.04.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Є.Л. Казаков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ОГНЕМ И СРЕЛЬБЫ ПЕРЕНОСНОГО ЗРК В ОБУСЛОВЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

А.В. Коломийцев, В.Е. Кудряшов, А.Ф. Шевченко

*Предложена частная методика определения эффективности управления огнем и стрельбой переносного зенитно-ракетного комплекса (ПЗРК) в заданных условиях его применения с учетом влияния активных помех по каналам радиоліній и по радиолокационным каналам их обнаружения, условной вероятности поражения целей, при условии огневого противодействия противника. Проведен анализ значений математического ожидания количества пораженных целей батареей, которая вооружена ПЗРК, при отражении залпового налета противника.*

**Ключевые слова:** переносной зенитно-ракетный комплекс, головка самонаведения.

## EFFICIENCY OF FIRE-CONTROL AND FIRING OF PORTABLE ZRC IN THE CONDITIONED TERMS OF HIS APPLICATION

A.V. Kolomitsev, V.E. Koodrjashov, A.F. Shevchenko

*The private method of determination of efficiency of fire-control and firing of portable zenithal rocket complex (PZRC) is offered in the set terms of his application taking into account influence of active hindrances on ducting's of radiolines and on the radio-location ducting's of their discovery, conditional hit of aims probability, on condition of fire counteraction of opponent. The analysis of values of the expected value of amount of the staggered aims is conducted by a battery which is armed PZRC, at the reflection of a volley raid of opponent.*

**Keywords:** portable zenithal-rocket complex, head of self-homing.