

УДК 629.7.017

В.Г. Березанський, С.А. Калкаманов, Б.Б. Головко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ АВІАЦІЙНОГО ПРОТИТАНКОВОГО КОМПЛЕКСУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПРОТИТАНКОВИХ КЕРОВАНИХ РАКЕТ ПО ДЕКІЛЬКОХ ЕЛЕМЕНТАХ ГРУПОВОЇ ЦІЛІ У ОДНОМУ ЗАХОДІ

В статті запропоновано методику оцінки ефективності бойового вертольота при застосуванні авіаційних протитанкових керованих ракет по елементах групової цілі з урахуванням розподілу цілей в групі вертольотів.

бойовий потенціал, ефективність, імовірність ураження, вертоліт

Вступ

Про ефективність будь-якого комплексу звичайно судять за результатами його бойового застосування. Зміна форм та умов ведення бойових дій вимагає нових методик оцінки ефективності комплексів. Для оцінки бойових можливостей вертольота при застосуванні бойового комплексу ракет необхідна комплексна оцінка ефективності вертольота. Так у разі одночасного бойового застосування декількох ракет по різних цілях в одному заході оцінка ефективності комплексу ускладнюється за відсутності інтегрального критерію ефективності, який би в повній мірі враховував ураження елементів групової цілі в одному заході.

Аналіз джерел. До останнього часу в основі вирішення всіх задач, які пов'язані з оцінкою ефективності ураження цілей, лежить оцінка середнього збитку M_1 , який нанесений груповій (площинній) цілі в одній атаці або імовірність ураження одиночної цілі P_1 , в випадку одиночної цілі [1]. В роботі [2] здійснюється оцінка ефективності ударних бойових авіаційних комплексів, однак, в методиках не враховуються такі показники як розподіл цілей та цикл стрільби комплексу, від яких істотно залежать бойові можливості вертольотів.

Постановка завдання. Метою даної статті є розробка методики оцінки ефективності протитанкового ракетного комплексу (ПТРК) при ураженні кількох елементів наземної групової цілі (наприклад, танкова рота) у одному заході.

Викладка основного матеріалу

В якості критерію ефективності, який би в значній мірі враховував вказані показники ефективності при одночасному пуску ракет, пропонується критерій бойового потенціалу (БП) [3], який представляє собою відношення збитку (U), який наноситься противнику за операцію (бойові дії) до власних втрат (Π) за цей період. БП вертольота χ по відношенню до цілей типу "танк" може бути визначений за формулою:

$$\chi = \frac{d_{\text{рц}} \cdot (1 - (1 - P_i)^n)}{N_{\delta} \cdot P_{\text{втр}} \cdot (T_{\text{цптрк}} / T_{\text{цппо}})}, \quad (1)$$

де $P_i = P_1 \cdot P_{\text{внц}} \cdot R_{\Gamma} \cdot K_{\text{ог}} \cdot P_{\text{ппо}}$ – імовірність виконання вертольотом i -го завдання; P_1 – імовірність ураження цілі однією ракетою; R_{Γ} – гарантійна імовірність ураження цілі; $K_{\text{ог}}$ – коефіцієнт оперативної готовності вертольота; $P_{\text{ппо}}$ – імовірність подолання вертольотом протиповітряної оборони (ППО) противника; $d_{\text{рц}}$ – коефіцієнт розподілу цілей; $P_{\text{внц}}$ – імовірність виходу вертольота на наземну цілі; N_{δ} – бойовий наряд вертольотів; $P_{\text{втр}}$ – імовірність втрати вертольота на маршруті та у районі цілі, $T_{\text{цптрк}}$ – цикл стрільби ПТРК; $T_{\text{цппо}}$ – цикл стрільби комплексу ППО.

Розглянемо показники ефективності: P_1 – імовірність ураження наземної цілі (танка); m_j – кількість ракет, яка може бути застосована у одному заході з j -го ПТРК з темпом пуску (τ_n); N_{Σ} – необхідний бойовий наряд вертольотів для виконання завдання з гарантійною імовірністю $R_{\Gamma} = 0,8$; M_1 – середній збиток, який наноситься цілі при одному ударі авіаційним ПТРК.

Кількісні значення перерахованих показників ефективності суттєво залежать не тільки від характеристик комплексів але також від характеристик цілей та їх тактики ведення бою. У методиці прийнятті наступні припущення:

- розподілення елементів цілі по площі району S передбачається рівномірний;
- бойове застосування протитанкових керованих ракет (ПТКР) здійснюється в діапазоні висот $H = 40 - 80$ м та швидкостей $V = 130 - 170$ км/ч з темпом пуску $\tau = 10$ с, бойовий комплект ПТКР $K = 8$ шт;
- у одному заході може бути застосовано від 4 до 8 ПТКР;
- після пуску ПТКР в процесі її наведення вертоліт здійснює маневрування з креном до 20° в межах кутів: по горизонту $\pm 10^\circ$, по вертикалі вгору 15° , вниз 20° ;

– бойове застосування ПТКР може здійснюватися як поодиноким вертольотом, так парою або ланкою вертольотів;

– група вертольотів контролює район розміром $S = a \times b$;

– кількість вертольотів, які наносять удар, достатня для ураження усіх елементів цілі;

– бойове застосування здійснюється по цілях з відомими координатами;

– для ураження цілі по типу “А” достатньо влучення ПТКР в площину цілі;

– в разі не ураження цілі першим пострілом здійснюється наступний пуск.

Введемо позначення: j – номер авіаційного ПТКР, який діє в заданому районі S , $j=1...2$;

$P_1^{(j)}(x, z)$, $P_n^{(j)}(x, z)$ – імовірності ураження елементів цілі з координатами x, z відповідно однією та n ПТКР, які пускаються з j -го ПТКР; t_{Σ_j} – сумарний час від моменту пуску ПТКР до моменту ураження цілі; \bar{m}_j – середня кількість ПТКР, які можуть бути застосовані з j -го ПТКР з темпом пуску τ_n обчислюється за формулою:

$$\bar{m}_j = 1 + (t_{\Sigma_j} / \tau_n); \quad (2)$$

$P_n^{(j)}$ – середні по площі імовірності ураження цілей, які знаходяться в районі S , n ПТКР застосованих з j -го ПТКР; $M_n^{(j)}$ – середні (по площі S) математичні очікування кількості уражених цілей n ракетами, які застосовані з j -го ПТКР; $P_1^{(j)}(x, z)$, $P_n^{(j)}(x, z)$ – імовірності ураження цілей (має координати x, z) при пусках з двох найближчих ПТКР (в разі відсутності розподілу цілей між вертольотами) відповідно по одній та n ракет з кожного комплексу; $P_n^{(j)}$ – середні по площі імовірності ураження цілей при пусках з двох найближчих ПТКР по n ракет з кожного комплексу; $M_n^{(j)}(x, z)$ – математичні сподівання кількості уражених цілей при пусках з двох найближчих ПТКР по n ракет з кожного; $M_n^{(j)}$ – середні (по площі S) математичні сподівання кількості уражених цілей при пусках з двох найближчих ПТКР по n ракет з кожного.

При стрільбі n ракетами з одного ПТКР ($j=1$) імовірність ураження цілі визначимо за формулами:

$$P_n^{(j)}(x, z) = 1 - (1 - P_1^{(j)}(x, z))^n; \quad (3)$$

$$P_1^{(j)} = \frac{1}{S} \iint_S P_1^{(j)}(x, z) dx dz, \quad (4)$$

а при стрільбі з двох ПТКР ($j=1,2$) по n ракет з кожного визначимо за формулами:

$$P_n^{(j)}(x, z) = 1 - (1 - P_1^{(j)}(x, z))^n (1 - P_1^{(j)}(x, z))^n; \quad (5)$$

$$P_n^{(j)} = \frac{1}{S} \iint_S P_n^{(j)}(x, z) dx dz. \quad (6)$$

В рівняннях (3), (5) імовірність $P_1^{(j)}(x, z)$ обчислюється за методикою, яка викладена в роботі [3].

Імовірність виходу вертольота на наземну ціль $P_{\text{внц}}$ визначимо за наступною формулою:

$$P_{\text{внц}} = \sum_{i=1}^l P_{\text{БН}}(L_i) \Delta P(L_i), \quad (7)$$

де l – кількість ділянок, на яку розподілений інтервал дальності; $P_{\text{БН}}(L_i)$ – середня величина імовірності ближнього наведення на i -й ділянці; $\Delta P(L_i)$ – приріст функції розподілу дальності виявлення на i -й ділянці.

В процесі слідкування за ціллю вертоліт значний час знаходиться у зоні дії засобів ППО, розміщених на танках та інших засобів ППО, який характеризується часом виявлення (t_b) та часом наведення ПТКР (t_n). Тоді гарантійна імовірність ураження цілі ПТКР ($j=1$) визначається за формулою:

$$R_r^{(j)} = P_B P_n^{(j)}(D) + (1 - P_B) \bar{P}_{\text{ППО}}^{(j)}, \quad (8)$$

де P_B – імовірність виявлення цілі за допомогою існуючої прицільної системи; $P_n^{(j)}(D)$ – імовірність ураження цілі ПТКР, яка застосовується з одного ПТКР та виконуючого слідкування за ціллю в межах дальності D : $D_{\min} \leq D \leq D_{\max}$; $\bar{P}_{\text{ППО}}^{(j)}$ – імовірність не ураження вертольота ППО противника.

Імовірність виявлення P_B цілі за допомогою існуючої прицільної системи визначимо за формулою, яка описана в [4]:

$$P_B(\lambda) = P_\infty (1 - \exp\{-\lambda\}), \quad (9)$$

де P_∞ – імовірність виявлення при ідеальних умовах і безкінечній експозиції системи ($\tau \rightarrow \infty$); λ – параметр виявлення об'єкта, який дорівнює $\lambda = \tau / a\tau_0$ (τ – поточний час; a – коефіцієнт), який визначає огляд простору предметів системою ($a \leq 1,0$); τ_0 – паспортний час виявлення об'єкту системою. В умовах дії оптичних перешкод імовірність виявлення цілі визначається на основі виразу [5]

$$P_B^{(\Pi)}(\lambda) = P_\infty \left(1 - \exp\left\{ -\frac{\tau}{a\tau_0 m_k(\tau)} \right\} \right), \quad (10)$$

де індексом “ Π ” позначена перешкода; m_k – коефіцієнт зниження імовірності виявлення об'єкту системою при дії організованої перешкоди, який описаний в [5]. З приведеної методики слідує, що імовірність виявлення об'єкта в умовах оптичних перешкод $P_B^{(\Pi)}$ при значенні коефіцієнту $m_k = 6$ та $\tau = 5$ с дорівнює $P_B^{(\Pi)} = 0,26$.

Імовірність не ураження вертольота засобами ППО $\bar{P}_{\text{ППО}}$ у випадку неорганізованого та організованого розподілу цілей визначимо за формулами:

$$\bar{P}_{\text{ППО}} = e^{N_u \ln(1-P_{\text{сп}}^1)}; \quad \bar{P}_{\text{ППО}} = e^{-\frac{K_u P_{\text{сп}}^1}{N_u}} \quad (11)$$

де $P_{\text{кр}}$ – імовірність ураження вертольота одним узагальненим пострілом комплексу ППО; $N_{\text{ц}}$ – кількість атакуємих цілей; $\bar{K}_{\text{ц}}$ – середня кількість узагальнених пострілів, які здійснює елемент цілі.

Математичне сподівання кількості уражених елементів цілі одним ($j=1$) комплексом

$$M_n^{(j)} = \frac{1}{S} \iint_S (\bar{m}_j) P_n^{(j)}(x, z) dx dz; \quad (12)$$

двома комплексами ($j=1,2$) з обмеженням обстрілу однієї і тієї ж цілі

$$M_n^{(j)} = \frac{1}{S} \iint_S M_n^{(j)}(x, z) dx dz; \quad (13)$$

$$M_n^{(j)}(x, z) = (\bar{m}_2 - \bar{m}_1) P_n^{(1)}(x, z) + (K - \bar{m}_2) P_n^{(j)}(x, z). \quad (14)$$

Якщо по одній цілі було застосовано ПТРК одночасно з двох ПТРК ($j=1,2$), то математичне сподівання кількості ракет визначимо за формулою:

$$M_n^{(j)}(2K) = \left((2 - P_n^{(j)}) M_n^{(j)} + K \cdot P_n^{(j)} \right) \cdot d_{\text{рц}}, \quad (15)$$

де $d_{\text{рц}}$ – коефіцієнт розподілу цілей, $d_{\text{рц}} \in [0,1]$ і для випадку, коли розподіл цілей здійснюється, $d_{\text{рц}} = 1$, в іншому випадку $d_{\text{рц}} = 0,7$. Імовірність втрати вертольота на маршруті та в районі цілей представимо як імовірність ураження в області C

$$P_{\text{втр}} = P_{\text{втр}}(C), \quad (16)$$

де $C = A + B$; A – втрати від засобів ППО; B – втрати від індивідуальних засобів захисту танка та засоби ППО, які прикривають ціль

$$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(A \cdot B), \quad (17)$$

де A, B – незалежні події.

На основі представленої методики отримано залежності скорострільності та математичного сподівання (МС) кількості уражених цілей (рис. 1, 2).

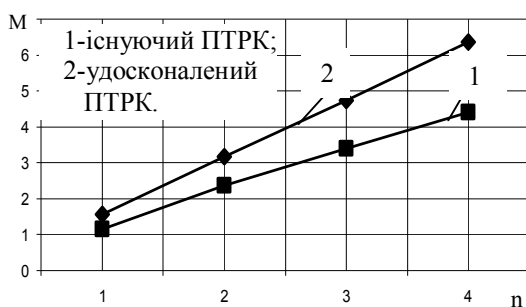


Рис. 1. Залежність МС уражених цілей від кількості пусків ПТРК

З аналізу рис. 1, 2 можна зробити висновок, що за рахунок побудови двоканальної системи прицілювання та наведення забезпечується оптимізація використання бойового потенціалу вертольота та збільшується скорострільність ПТРК на 60%, а ма-

тематичне очікування (МС) уражених цілей на 30%. Отримані результати підтверджують ефективність системи та запропонований спосіб удосконалення структури ПТРК, яка спрощує умови бойового застосування.

Таким чином, представлена методика дає змогу визначити бойовий потенціал ПТРК за результатами його бойового застосування.

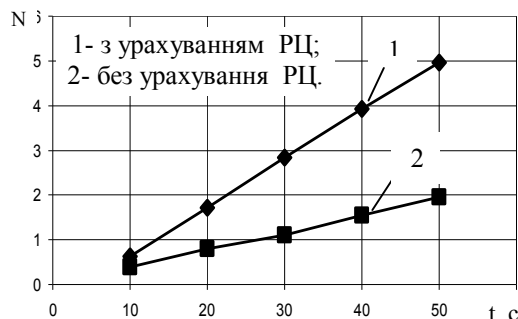


Рис. 2. Залежність скорострільності пусків ПТРК від циклу стрільби

Висновки

Методика дозволяє порівняти бойові можливості ПТРК, оцінити наскільки змінюється бойовий потенціал вертольота при врахуванні показників ефективності (скорострільності комплексу, розподілу цілей), виявити найбільш раціональні шляхи підвищення ефективності бойового застосування вертольота при пусках ракет.

За допомогою наданої методики можна оцінити зміну бойових можливостей за рахунок модернізації авіаційної техніки або вводу в його склад удосконалених систем. При цьому методика дозволяє отримати не тільки новий рівень бойових можливостей, а також надати рекомендації по необхідному перерозподілу сил та засобів при плануванні бойових дій.

Список літератури

1. Научно-методические материалы по оценке эффективности комплексов авиационного вооружения / Под ред. И.С. Попова. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1984. – 96 с.
2. Попов И.С. Основы моделирования и системный анализ эффективности авиационных комплексов. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1991. – 280 с.
3. Романов В.Г., Глазырин Ю.А. Методики таблицы и графики для проведения расчетов по эффективности поражения типовых целей. – М.: ВВИА, 1980. – 79 с.
4. Мильграм Ю.Г., Попов И.С. Боевая эффективность авиационной техники и исследование операций. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1970. – С. 408-422.
5. Кулалаев В.В. Оценка снижения эффективности оптических поисковых и следящих систем в условиях применения искусственных организованных помех // Авиационно-космическая техника и технология. – 2004. – Вып. 3 (11). – С. 59-64.

Надійшла до редколегії 25.12.2006

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук співр. О.Б. Леонтьев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.