

УДК 681.5

В.Г. Березанський, О.Г. Березанський, С.А. Кравченко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

**ОПТИМІЗАЦІЯ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ПРОТИТАНКОВОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ ЗА УМОВНИМ КРИТЕРІЄМ “ЕФЕКТИВНІСТЬ-ВАРТІСТЬ”***Розглянуто структурну оптимізацію багатоканальної інформаційно-керуючої системи протитанкового ракетного комплексу бойового вертольоту за умовним критерієм “ефективність-вартість”.**бойове застосування, ефективність, імовірність ураження, структура, вартість***Вступ**

**Вступ та постановка задачі.** Зростаючі тактико-технічні вимоги до зразків озброєння приводять до безперервного процесу модернізації систем комплексів на протязі їх експлуатації. Невід’ємною частиною будь-якого комплексу є система керування, яка суттєво впливає на ефективність застосування. Вимоги, які пред’являються, обмежують, як правило, час застосування комплексу та приводять до невідповідності існуючих показників ефективності (скорострільності комплексу). В зв’язку з цим, актуальною є задача збільшення скорострільності протитанкового ракетного комплексу (ПТРК) в умовах обмеження часу бойового застосування протитанкових керованих ракет.

Збільшення скорострільності ПТРК можливо за рахунок зміни структурної системи комплексу та подальшої її оптимізації. Оптимізація багатоканальної структури будь-якої системи можлива за рахунок синтезу складної системи шляхом вирішення задачі багатокритеріального синтезу [1 – 3]. Задача вибору (синтезу) структури комплексу вимагає урахування евристичних факторів та кореляції адитивної складової вартості модернізованого комплексу озброєння по відношенню до існуючого [4 – 5]. Вибір багатоканальних систем (комплексів) пов’язаний з обґрунтуванням їх раціональної доцільності в даній системі (комплексі) [5 – 6]. Враховуючи вплив зазначеної вартості комплексу на ефективність бойового застосування засобів ураження та цільовий ефект при прийнятті рішення, постановку задачі дослідження можна сформулювати як вибір раціональної структури для багатоканального комплексу.

**Основний матеріал**

В якості критерію оптимізації авіаційного ПТРК щодо кількості каналів обираємо критерій, який характеризує мінімум затрат на застосування протитанкових керованих ракет (ПТКР) при максимізації збитку, який наноситься груповій цілі. Показником ефективності ПТРК є математичне очікування (МО) витрат на ураження цілі  $n_k$  каналами, яке представимо таким чином

$$M = C_{ц} \cdot M_n / (N_b \cdot C_{ком}), \text{ при } C_{ком} \leq C_{доп} \quad (1)$$

де  $C_{ц}$  – вартість елемента групової цілі;  $M_n$  – МО уражених елементів групової цілі;  $N_b$  – кількість вертольотів;  $C_{ком}$  – вартість ПТРК з урахуванням модернізації;  $C_{доп}$  – граничне значення вартості модернізованого комплексу.

МО кількості уражених цілей [2] визначено як

$$M_n = 1 - \left( (1 - P_1) \left[ \frac{N_1}{n_e} \right] \right) \left( 1 - P_1 \left\{ \frac{N_1}{n_e} \right\} \right), \quad (2)$$

де  $P_1$  – імовірність ураження цілі однією ПТКР;  $N_1$  – середня кількість ударів по груповій цілі;  $n_e$  – кількість елементів групової цілі.

Якщо вважати, що  $N_1 = \lambda_1 \cdot n_k \cdot t$ , де  $\lambda_1$  – інтенсивність виявлення цілей;  $t$  – час однієї атаки;  $n_k$  – кількість каналів ПТРК, то (2) прийме вигляд:

$$M_n = 1 - \left( (1 - P_1) \left[ \frac{\lambda_1 \cdot n_k \cdot t}{n_e} \right] \right) \left( 1 - P_1 \left\{ \frac{\lambda_1 \cdot n_k \cdot t}{n_e} \right\} \right). \quad (3)$$

На основі виразу (3) побудована залежність МО уражених елементів групової цілі, яка представлена на рис. 1.

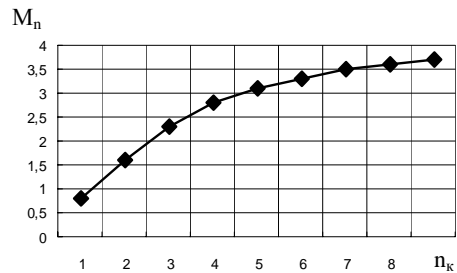


Рис. 1. Залежність МО уражених елементів групової цілі від кількості каналів  $n_k$

Вартість протитанкового комплексу  $C_{ком}$  визначимо з наступного виразу [2]:

$$C_{ком} = r \cdot n_k \cdot q \cdot C_{к.в.} (\Theta_{н.б.} + \Theta_k) + C_{р.к.} / N, \quad (4)$$

де  $r$  – коефіцієнт кореляції вартості каналів;  $q$  – відношення маси модернізованої частини комплексу ( $q = 0,13$ ) до загальної маси;  $C_{к.в.}$  – вартість одного кілограма маси нового блоку в модернізованому комплексі ( $C_{к.в.} = 1,4$  дол./кг);  $\Theta_{н.б.}$  – маса нового блоку в модернізованому комплексі ( $\Theta_{н.б.} = 60$  кг);

$\Theta_k$  – маса комплексу без модернізації каналів ( $\Theta_k = 450\text{кг}$ );  $C_{p.k.}$  – доля вартості розробки каналу, яка складає 4,3% [4],  $N$  – кількість модернізованих каналів. Вартість нових блоків ПТРК  $C_{\text{ком}}$  згідно виразу (4) становить близько 13500 у.о.

На рис. 2 представлено залежність МО затрат на ураження групової цілі при  $n_k$  каналах. Аналіз отриманих даних показує, що для досягнення максимального МО уражених цілей необхідно 2 – 4 канали в модернізованому ПТРК (рис. 2). Подальше підвищення кількості каналів, як видно, на рис. 2 не приводить до збільшення цільового ефекту, однак при цьому збільшується як вартість так і габаритні розміри, що впливають на загальну вагу ПТРК.

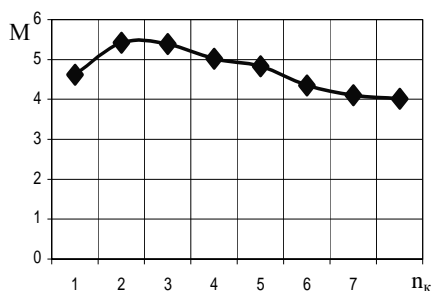


Рис. 2. Залежність МО затрат на ураження групової цілі при  $n_k$  каналах

На рис.3 представлено відношення вартості комплексу до МО уражених цілей при різних кількостях  $n_k$  каналів.

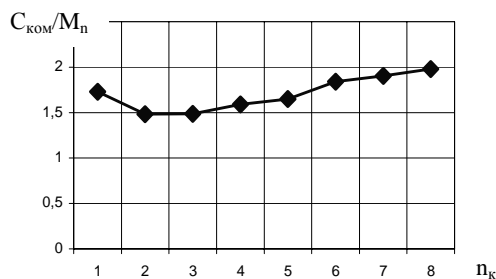


Рис.3. Відношення вартості комплексу до МО уражених цілей від кількості  $n_k$  каналів

З урахуванням обмежень на вартість ПТРК  $C_{\text{ком}} \leq C_{\text{доп}}$  та швидкості приросту уражених цілей в  $n_k$ -канальних системах з рис. 3 слідує, що для фіксованих значень  $M$ ,  $C_{\text{ком}}$  існує оптимум каналів, який відповідає значенню каналів  $n_k = 2 \dots 3$ .

Для отримання раціонального варіанту структури ПТРК щодо необхідної кількості каналів прицілювання та наведення в модернізованому ПТРК порівнюємо ефект, який досягається при використанні базового та модернізованого ПТРК. Бойове застосування ПТРК здійснюється з 4 вертольотів без удосконалення структури ПТРК та 1 вертольота, що має один канал прицілювання та наведення, 1 вертольота, що має два канали, 1 вертольота, що має три канали та 1 вертольота, що має чотири канали. Час застосування ПТРК з вертольотів для визначення умов в [7] складає 1хв, так як при цьому вертольоти отримують мінімальні втрати.

них умов в [7] складає 1хв, так як при цьому вертольоти отримують мінімальні втрати.

На рис. 4 представлено залежність нанесеного збитку від кількості вертольотів, які приймають участь у бою. На основі порівняння цільових ефектів між групами вертольотів встановлено, що максимальний збиток елементам групової цілі (за однаковий час) наноситься при використанні одного вертольота з двоканальною системою (збиток складає 3,22, що в 1,8 раз більше по відношенню до одноканального існуючого ПТРК). При застосуванні 1 вертольота з двоканальною системою та 1 вертольота з трьохканальною системою збитки складають 3,22 та 3,06, з чого слідує, що в умовах обмеження по часу застосування ПТРК достатньо два канали у модернізованому ПТРК, так як один канал при  $n_k > 2$  не використовується.

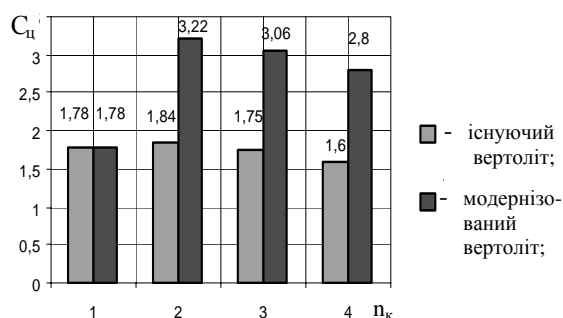


Рис. 4. Залежність нанесеного збитку груповій цілі від кількості каналів в вертольоті

Бойове застосування вертольотів по наземним цілям, координати яких відомі заздалегідь, здійснюється на основі бойових порядків, які дозволяють ефективно подолати протиповітряну оборону. В разі застосування двоканальної системи прицілювання та наведення забезпечується максимальний збиток при застосуванні пари вертольотів (модернізований комплекс) по відношенню до пари вертольотів (існуючий комплекс), збиток яких для пари складає 3,22 та 1,84. Звідси слідує, найбільш доцільно застосовувати бойові порядки вертольотів – “колона пар”, або “пеленг пар”.

## Висновки

1. У статті проаналізовано напрямок модернізації ПТРК бойового вертольота та з'ясовано спосіб побудови структури ПТРК.

2. Проведено порівняння цільових ефектів існуючих та запропонованих структур ПТРК за умовним критерієм “ефективність-вартість”.

3. Встановлено, що для модернізованого варіанту ПТРК найбільш доцільно за умовним критерієм “ефективність-вартість” обрати ПТРК з двоканальною системою прицілювання та наведення.

## Список літератури

1. Альошин Г.В. Синтез інформаційно-управляючих систем. – Х.: ХУВС, 2005. – 280 с.
2. Попов И.С. Основы моделирования и системный анализ эффективности авиационных комплексов. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1991. – 280 с.

3. Хижняк В.М. Метод оцінки економічної доцільності розробки комплексів авіаційного озброєння // *Збірник наукових праць*. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 2(8). – С. 7-9.

4. *Основы исследования операций в военной технике* / Под ред. Ю.В. Чуева – М.: Сов. радио, 1965. – 591 с.

5. Алёшин Г.В. *Основы построения оптимальных информационно-измерительных радиотехнических систем*. – Х.: ХВУ, 1994. – 251 с.

6. Александров Е.Е., Костенко Ю.Т., Кузнецов Б.И. *Оптимизация многоканальных систем управления* / Под ред. Ю.Т. Костенко – Х.: Основа, 1996. – 288 с.

7. Березанський В.Г., Бурсала О.Л. *Модель бойових дій трьох сторін з урахуванням показника швидкострільності у рівнянні Ланчестера* // *Збірник наукових праць*. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 1 (9). – С. 10-12.

*Надійшла до редколегії 2.10.2007*

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