

## ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО БОЙОВОГО СКЛАДУ УГРУПОВАННЯ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК

М.Ф. Ботов

(Командування Повітряних Сил Збройних сил України, Вінниця)

*Здійснена математична формалізація задачі оптимізації кількості цільових каналів різнотипних вогневих засобів ЗРВ при обмеженні на їх загальну вартість за критерієм мінімуму математичного сподівання збитку об'єктам прикриття.*

*угруповання, вогневі засоби, протиповітряна оборона, воєнний об'єкт*

**Постановка проблеми.** Найважливішим елементом системи ППО є система зенітного ракетного прикриття воєнних об'єктів. Виникає питання, яким чином можна у цих умовах створити раціональну систему зенітного ракетного прикриття? На погляд автора, єдиним найбільш дешевим способом створення такої системи є зміна кількості цільових каналів у кожній частині, тобто зміна їх бойового складу, що як відомо, впливає і на систему прикриття. Для обґрунтування такої зміни потрібні відповідні науково-обґрунтовані методичні рекомендації, які повинні давати можливість раціонального використання додаткових коштів, так як створення нових угруповань набагато дорожче, ніж посилення існуючих шляхом збільшення кількості цільових каналів.

**Мета статті.** Розробка методичних рекомендацій щодо раціонального посилення існуючих угруповань шляхом збільшення кількості цільових каналів.

**Аналіз літератури.** У відомих роботах [1 – 3], які присвячені синтезу угруповань військ, основна увага зосереджена на побудові бойових порядків частин, з'єднань ЗРВ. Не досить вивченим є і економічний аспект завдання, що розглядається, хоча зрозуміло, що без врахування обмежень на вартість ЗРВ розробити реальні пропозиції щодо побудови угруповань неможливо.

**Розділ основного матеріалу.** Нехай склад угруповання військ задається множиною різнотипних засобів ЗРВ  $\{m_1, \dots, m_i, \dots, m_u\}$ , де  $m_i$  – кількість цільових каналів засобів ЗРВ типу  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, u$ , а склад озброєння противника – множиною ЗПН  $\{n_1, n_2, \dots, n_j, \dots, n_s\}$ , де  $n_j$  – кількість ЗПН  $j$ -го типу. При рівномірному розподілі засобів протиповітряний бій розпадається на  $u_s$  незалежних групових однорідних протиповітряних дуелей. Нехай у протиповітряному бою засобів ЗРВ  $i$ -го типу проти ЗПН противника  $j$ -го

типу протистоять  $m_{ij}$  однотипних засобів ЗРВ проти  $n_{ij}$  однотипних ЗПН противника при відбитті удару по  $k$ -му об'єкту прикриття.

Прийmemo у якості вихідних такі припущення: 1) угруповання ЗРВ виконує бойове завдання з протиповітряного прикриття об'єктів і військ у цілком певному районі відповідальності. Об'єкти прикриття та їх характеристики відомі; 2) авіація противника включає різнотипні ЗПН, що базовані на цілком певних аеродромах (авіабазах); 3) заданий бойовий порядок угруповання ЗРВ. Для кожного з'єднання (частини) ЗРВ визначений відповідний позиційний район. Кожне з'єднання (частина) ЗРВ має однотипне озброєння, але його склад (кількість цільових каналів) не відомий; 4) кожний ЗПН здійснює прорив системи ЗРВ об'єкта через зону вогню одного засобу ЗРВ. Засіб ЗРВ протидіє ЗПН одним цільовим каналом шляхом проведення протиповітряної дуелі. Якщо ЗПН цим каналом не знищений, то він безперешкодно наносить ракетно-бомбовий удар по об'єкту.

Задача полягає у пошуку бойового складу (кількості цільових каналів) кожного з'єднання (частини) ЗРВ такого, щоб у протиповітряній битві досягався мінімальний збиток об'єктам прикриття при умові, що загальна вартість бойового застосування вогневих засобів ЗРВ не перевищує задану величину. Задача формалізується з використанням показника ефективності зенітного ракетного прикриття – математичного сподівання збитку об'єктам прикриття ( $W$ ). Тоді оптимізація кількості ЦК ЗРВ може бути здійснена шляхом вирішення такої задачі:

знайти набір параметрів  $M = \{m_{ijk}\}$ , що надає мінімальне значення математичному сподіванню збитку об'єктам прикриття

$$\min_M W(M) = \sum_{i=1}^u \sum_{j=1}^s \sum_{k=1}^p w_k n_{ijk} \left( (1 - E_{ijk})^{m_{ijk}/n_{ijk}} \right) \quad (1)$$

та задовольняє умовам

$$\sum_{i=1}^u \sum_{j=1}^s \sum_{k=1}^p c_j m_{ijk} = C_0, \quad (2)$$

де  $c_j$  – вартість ЦК ЗРВ  $i$ -го з'єднання (частини) ЗРВ;  $C_0$  – допустима загальна вартість засобів ЗРВ;  $w_k$  – збиток який наноситься об'єкту  $k$  одним літаком противника, що прорвався до нього;  $n_{ijk}$  – кількість ЗПН, що злетіли з  $i$ -ої авіабази для удару по  $k$ -му об'єкту та підпали під обстріл  $j$ -го з'єднання (частини) ЗРВ;  $m_{ijk}$  – кількість ЦК  $j$ -го з'єднання (частини) ЗРВ, що протистоять ЗПН, які злетіли з  $i$ -ої авіабази та наносять удар по  $k$ -му об'єкту;  $E_{ijk}$  – ймовірність ураження одним ЦК  $j$ -го з'єднання (частини) ЗРВ засобу повітряного нападу, що злетів з  $i$ -ої авіабази для удару по  $k$ -му об'єкту (ефективність протиповітряної дуелі типу  $ijk$ ).

Задача (1), (2) при умові досягнення найменших збитків об'єктам вирішена методом невизначених множників Лагранжа [3] і має такий вигляд:

$$m_{ijk}^* = \frac{C_0 - \sum_{\alpha=1}^u \sum_{\beta=1}^s \sum_{\gamma=1}^p \frac{c_{\beta} n_{\alpha\beta\gamma}}{\ln(1 - E_{\alpha\beta\gamma})} \ln \frac{c_{\beta} n_{\alpha\beta\gamma} w_i \ln(1 - E_{ijk})}{c_j n_{ijk} w_k \ln(1 - E_{\alpha\beta\gamma})}}{\frac{\ln(1 - E_{ijk})}{n_{ijk}} \sum_{\alpha=1}^u \sum_{\beta=1}^s \sum_{\gamma=1}^p n_{\alpha\beta\gamma} \frac{c_{\beta}}{\ln(1 - E_{\alpha\beta\gamma})}}, \quad (3)$$

де  $\alpha, i = \overline{1, u}$ ;  $\beta, j = \overline{1, s}$ ;  $\gamma, k = \overline{1, p}$ .

Таким чином, отримано математичне співвідношення (3), яке визначає раціональну кількість різнорідних ЗРК в залежності від: 1) вартісних параметрів, тобто від вартості одного цільового каналу засобу ЗРВ кожного типу та допустимої відносної вартості засобів ЗРВ; 2) ефективності бойового застосування цільового каналу засобу ЗРВ кожного типу проти засобу повітряного нападу кожного типу; 3) прогнозованої кількості ЗПН кожного типу, що будуть протидіяти засобам ЗРВ кожного типу.

Слід зауважити, що для розрахунків потрібні не абсолютні, а відносні вартості по відношенню до загальних витрат на закупівлю, експлуатацію та бойове застосування засобів ЗРВ. Аналіз виразу (3) показує необхідність розробки методик розрахунку вартості одного цільового каналу засобу ЗРВ; визначення важливості об'єктів прикриття.

Задача прогнозу кількості ударних ЗПН, що входять в зони різних вогневих засобів ЗРВ, сутністю якої є розподіл ударних ЗПН за об'єктами удару шляхом вирішення транспортної задачі за критерієм максимального збитку, що наноситься авіаційним угрупованням повітряного противника в результаті нанесення масованого ракетно-авіаційного удару по об'єктах прикриття, вирішена у роботі [3].

**Висновок.** Використання цих методик дасть змогу визначити усі вихідні дані, що необхідні для вибору раціонального бойового складу угруповання ЗРВ у конкретних умовах їх бойового застосування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Колибаба В.Г. О содержании взаимодействия в операции и бою // Военная мысль. – 1993. – Вып. 3. – С. 39 – 46.
2. Микрюков В.Ю. Теория взаимодействия войск. – М.: Вуз. книга, 2002. – 240 с.
3. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления. – М.: Сов. радио, 1976. – 344 с.

Надійшла 21.03.2005

**Рецензент:** доктор військових наук професор І.О. Кириченко,  
Харківський університет Повітряних Сил.