

УДК 355.414

М.Ю. Мокроцький

Науковий центр БЗ РВіА Сумського державного університету, Суми

## ПІДХІД ЩОДО РОЗПОДІЛУ БОЄПРИПАСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ НОРМОВАНИХ ФУНКЦІЙ

У статті представлений методичний підхід щодо визначення розподілу боєприпасів, який дозволяє врахувати могутність боєприпасів вогневих засобів різних типів, очікувану ефективність виконання вогневих завдань та важливість об'єктів ураження, що сприяє прийняттю більш обґрунтованих рішень з вогневого ураження противника.

**Ключові слова:** боєприпаси, вогневі засоби, розподіл.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Розробка рекомендацій щодо визначення розподілу боєприпасів вимагає пошуку методичного апарату, який би з достатньою точністю враховував могутність боєприпасів вогневих засобів різних типів, очікувану ефективність виконання вогневих завдань та важливість об'єктів ураження.

Існуючі підходи щодо визначення розподілу ресурсу боєприпасів різних типів для ураження основних об'єктів угруповання противника полягають у визначенні кількості боєприпасів, яка потрібна для виконання обсягу вогневих завдань для певних середніх умов [1].

На жаль існуюча методика розподілу боєприпасів не враховує в конкретних умовах виконання бойових завдань [1]: очікувану ефективність вогню (ударів) різних засобів вогневого ураження різними типами боєприпасів. Це не дозволяє більш обґрунтовано визначити їх раціональну кількість та, як наслідок, може призвести до неефективного використання їх бойових можливостей.

Тому обґрунтування розподілу боєприпасів різних типів засобів вогневого ураження потребує вирішення актуального завдання щодо визначення методичного підходу, який би дозволив врахувати різну ефективність вогневих засобів і боєприпасів щодо ураження найбільш важливих об'єктів противника.

### Основна частина

Однією з основних функцій управління командира (начальника) та його штабу є детальна розробка плану вогневого ураження противника (ВУП), який містить порядок реалізації вогневих можливостей сил і засобів, що залучаються до вогневого ураження противника.

Для більш повної реалізації вогневих можливостей сил і засобів особливо важливо визначити найбільш доцільний розподіл боєприпасів. Тому прийmemo за характеристику якості розподілу боєприпасів прогнозований ступінь реалізації вогневих можливостей сил і засобів, які залучаються до ВУП.

Розглянемо загальну формалізацію задачі розподілу боєприпасів.

Уведемо позначення:

$n$  – кількість вогневих завдань;

$q$  – кількість типів вогневих засобів;

$k$  – кількість типів боєприпасів, які можуть застосовуватись вогневими засобами під час виконання бойового завдання;

$m$  – математичне сподівання кількості групових об'єктів противника різних типів, яка може бути вкрита засобами розвідки;

$A_i$  – коефіцієнт важливості  $i$ -го об'єкту противника.

Математичне сподівання кількості групових об'єктів противника різних типів, яка може бути вкрита засобами розвідки, визначена за формулою:

$$m = \sum_{i=1}^I n_i p_{v_i}, \quad i = \overline{1, I},$$

де  $n_i$  – очікувана кількість об'єктів противника  $i$ -го типу;  $i$  – тип групового об'єкту противника;  $I$  – очікувана кількість основних типів групових об'єктів противника;  $p_{v_i}$  – ступінь вкриття об'єктів противника  $i$ -го типу, що забезпечують необхідну точність визначення координат для їх вогневого ураження.

З урахуванням прийнятих позначень прогнозовану ефективність ураження противника вогнем (ударами), що характеризується певною величиною збитку ( $W$ ), під час виконання бойового завдання можливо визначити за формулою:

$$W = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m A_i W_{vz_{ij}}, \quad (1)$$

де  $W_{vz_{ij}}$  – збиток, який може бути нанесений об'єкту  $i$ -го типу при застосуванні для його ураження боєприпасів  $j$ -го типу.

**Постановка задачі розподілу боєприпасів та вибір методу її вирішення.** З урахуванням виду залежності (1) постановка задачі розподілу боєприпасів певних типів вогневих засобів по об'єктах противника за умови, що кількість типів вогневих засобів ( $q$ ) дорівнює кількості видів боєприпасів ( $k$ ),

може бути сформульована наступною загальною постановкою: за умови, що збиток, який може бути нанесений об'єкту  $i$ -го типу при застосуванні для його ураження боєприпасів  $j$ -го типу можливо ви-

значити за залежністю  $W_{взij} = 1 - \prod_{j=1}^k (1 - P_{1ji})^{N_{ji}}$ ,

знайти такий розподіл виділених боєприпасів, при якому забезпечується максимальне значення цільової функції розподілу сил і засобів вогневого ураження, що доставляє максимальне значення функції:

$$U = \max_{N_3} W = \sum_{i=1}^m A_i (1 - \prod_{j=1}^k (1 - P_{1jr})^{N_{jr}}), \quad (2)$$

де  $P_{1jr}$  – очікуваний ступінь ураження  $i$ -го об'єкту одним боєприпасом  $j$ -го типу;  $N_3$  – загальний виділений ресурс різних типів боєприпасів на бойове завдання;

з врахуванням наступного обмеження:

$$\sum_{i=1}^m N_{ji} \leq N_{vj}, \quad j = \overline{1, k}, \quad i = \overline{1, m}; \quad (3)$$

та при додаткових умовах:

$$\left. \begin{aligned} 1 \geq (1 - P_{1ji}) &\geq 0, \\ 0 < A_i < 1, \\ W_{взji} \geq W_i^p \end{aligned} \right\}, \quad j = \overline{1, k}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (4)$$

де  $N_{vj}$  – виділена кількість боєприпасів  $j$ -го типу, шт;

$N_{ji}$  – кількість боєприпасів  $j$ -го типу визначена на  $i$ -й об'єкт ураження, шт;

$W_i^p$  – потрібне значення збитку  $i$ -го об'єкту.

Задача розподілу боєприпасів вважається вирішеною, коли розподілено весь ресурс боєприпасів вогневих засобів, або коли він закріплений за всіма об'єктами, а процес призначення найбільш ефективних боєприпасів вогневих засобів по найбільш важливих об'єктах (цілях) ураження здійснюється з урахуванням збитку, що може бути їм завданий.

Одним з методів, який може бути застосований для вирішення задачі оптимізації плану ВУП, метод нормованих функцій [2].

Метод нормованих функцій (МНФ), як метод цілочислової оптимізації, оснований на послідовному розподілі виділених ресурсів [2 – 4]. Основна ідея оптимізації МНФ полягає в тому, що на кожному кроці процесу прирощення отримується така  $i$ -а змінна, котра забезпечує максимальне збільшення цільової функції на одиницю прирощення не абсолютного, а нормованого (приведеного до єдиної системи вимірювання) ресурсу.

Нормування ресурсу дозволяє звести задачу з обмеженнями (3) до задачі з обмеженням виду

$$\sum_{i=1}^m N_{Hij} \leq B, \quad (5)$$

де  $N_{Hij} = m \cdot (B/N_{vj})$  – нормована витрата боєпри-

пасів;  $B = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k N_{3j}$  – нормований коефіцієнт (обме-

ження на витрату будь-якого виду боєприпасів).

З врахуванням приведених положень можна визначити наступні особливості використання МНФ.

По-перше, виникає необхідність визначення на кожному  $t$ -му кроці оптимізаційного процесу номера нормованого ресурсу  $j_t$  за умови, що

$$\Delta N_{Hijt}^{(s)} = \max_j \Delta N_{ij}^{(s)} m \cdot (B/N_j^{(t)}),$$

де  $\Delta N_{ij}^{(s)}$  – прирощення аргументу (витрата боєприпасів), що відповідає певній  $s$ -й спряженій точці.

Метод нормованих функцій у першу чергу розподіляється такий тип боєприпасів, відносна витрата якого на кожному кроці процесу максимальна. Отже, в МНФ реалізований принцип розподілу найбільш дефіцитного ресурсу малими частками.

По-друге, на деякому  $t$ -му кроці процесу прирощення отримує така  $i_t$ -а змінна, яка забезпечує максимальне збільшення цільової функції на одиницю нормованого ресурсу:

$$\Delta W_{i_t j_t}^{(s)} = \max_{\Delta N_{Hijt}^{(s)}} (A_i m_i \Delta W_{взij_t} / \Delta N_{Hijt}^{(s)}),$$

де  $\Delta W_{i_t j_t}^{(s)}$  – прирощення аргументу (можливе прирощення збитку внаслідок виконання вогневого завдання), що відповідає  $s$ -й спряженій точці.

Алгоритм, що реалізує МНФ в постановці задачі виду (2) – (4), описує таку послідовність дій:

1. Задати початкові значення величин:

$$N_{0ij}^{(0)} = 0, \quad j = \overline{1, k}, \quad i = \overline{1, m};$$

$$W^{(0)} = 0; \quad N_j^{(0)} = N_{3j};$$

$$J^{(0)} = \{ \overline{1, k} \}; \quad I^{(0)} = \{ \overline{1, m} \}.$$

2. Прийняти номер кроку процесу

$$t = 1.$$

3. Визначити номер дефіцитного нормованого ресурсу за умови, що

$$\Delta N_{Hijt}^{(s)} = \max_j m \cdot (B/N_j^{(t-1)}).$$

4. Уточнити підмножину типів об'єктів  $I^{(t)}$ , по яких можлива оптимізація на даному кроці:

$$I^{(t)} = \left\{ i; \Delta N_{Hijt}^{(s)} \leq B, \quad i \in I^{(t-1)} \right\}.$$

5. Перевірити на відсутність елементів у даній множині  $I^{(t)} = 0$ : якщо так, тоді виключити номер  $j_t$  з подальшого розгляду і перейти до п. 3; якщо ні, тоді перейти до п. 6.

6. Розрахувати компоненти вектора швидкостей наростання збитку  $U_{ijt}^{(s)}$ :

$$U_{ij_t}^{(s)} = \frac{A_i m \Delta W_{Bz_{ij_t}}}{\Delta N_{Hij_t}^{(s)}}, \quad i \in I^{(t)}.$$

7. Визначити номер змінної  $i = i_t$  відповідно до умови

$$U_{i_t j_t}^{(s)} = \max_{\Delta N_{Hij_t}^{(s)}} U_{i_t j_t}^{(s)}, \quad i \in I^{(t)}.$$

8. Перерахувати поточні значення матриці розподілу боєприпасів:

$$N_{0ij}^{(t)} = \begin{cases} N_{0ij}^{(t-1)} + 1, & \text{якщо } i = i_t \text{ та } j = j_t; \\ N_{0ij}^{(t-1)}, & \text{якщо } i \neq i_t \text{ або } j \neq j_t. \end{cases}$$

9. Визначити ресурс боєприпасів, що залишився:

$$N_j^{(t)} = \begin{cases} N_j^{(t-1)} - m, & \text{якщо } j = j_t; \\ N_j^{(t-1)}, & \text{якщо } j \neq j_t. \end{cases}$$

10. Перевірити умову залишку боєприпасів, використаних на даному кроці,  $N_j^{(t)} > 0$ : якщо так, тоді перейти до п. 11; якщо ні, тоді виключенням номера  $j_t$  із множини  $J^{(t-1)}$  сформувати множину  $J^{(t)}$  і перейти до п. 11.

11. Перевірити множину  $J^{(t)}$  на відсутність елементів: якщо так, тоді перейти до п. 14; якщо ні, тоді перейти до п. 12.

12. Розрахувати поточне значення цільової функції:

$$W^{(t)} = W^{(t-1)} + A_t m \Delta W_{Bz_{i_t k_t}}.$$

13. Прийняти  $i = i + 1$  і перейти до п. 3.

14. Віддрукувати результати ( $W^{(t)}$  і  $\|N_{0ij}^{(t)}\|_{mk}$ )

та припинити розрахунки.

У результаті проведених розрахунків за вище наведеним алгоритмом можливо отримати матрицю розподілу боєприпасів та значення збитку угруповання противника, який може бути йому завданий за результатами розподілу боєприпасів різних типів вогневих засобів по найбільш важливих об'єктах противника.

## ВИСНОВОК

Таким чином, представлений методичний підхід щодо визначення розподілу боєприпасів по основних типах об'єктів противника запропоновано здійснювати на основі вирішення задачі розподілу методом нормованих функцій. Даний метод дозволяє врахувати більшу кількість факторів при визначенні очікуваної реалізації можливостей засобів вогневого ураження.

Представлений підхід може бути використано під розробки комплексу розрахункових задач та їх використання в комплексах засобів автоматизації. Він надає можливість визначити розподіл ресурсу боєприпасів різних типів вогневих засобів як під час планування ВУП, так і при здійсненні управління вогнем (ударами), більш повно враховувати умови виконання бойових завдань, а саме: могутність боєприпасів вогневих засобів різних типів, очікувану ефективність виконання вогневих завдань та важливість об'єктів ураження.

Напрямок подальших досліджень може бути врахування більшої кількості характеристик щодо особливостей різних типів боєприпасів і вогневих засобів та автоматизація проведення розрахунків з метою своєчасного прийняття більш обґрунтованих рішень щодо застосування вогневих засобів і боєприпасів у ВУП.

## Список літератури

1. Правила стрільби і управління вогнем наземної артилерії. – Суми: Вид. СумДУ, 2008. – 176 с.
2. Ефимов Н.Е. Применение методов математического программирования для оптимизации плана огневого поражения противника / Н.Е. Ефимов. – Л.: ВАА, 1993. – 54 с.
3. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс: пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь. – 1991. – С. 23-69.
4. Алексеев О.Г. Комплексное применение методов дискретной оптимизации / О.Г. Алексеев. – М.: Наука. гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 248 с.

Надійшла до редколегії 9.09.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Д. Косторной, Сумський державний університет, Суми.

## ПОДХОД К РАСПРЕДЕЛЕНИЮ БОЕПРИПАСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА НОРМИРУЕМЫХ ФУНКЦИЙ

М.Ю. Мокроцкий

В статье представлен методический подход к определению распределения боеприпасов, который позволяет учесть мощность боеприпасов огневых средств разных типов, ожидаемую эффективность выполнения огневых задач и важность объектов поражения, что способствует принятию более обоснованных решений по огневому поражению противника.

**Ключевые слова:** боеприпасы, огневые средства, распределение.

## GOING NEAR DISTRIBUTING OF LIVE AMMUNITIONS WITH THE USE METHOD OF THE RATIONED FUNCTIONS

М.Ю. Мокроцкий

In the article methodical going is presented near determination of distributing of live ammunitions, which allows to take into account power of live ammunitions of fire weapons of different types, expected efficiency of implementation of fire tasks and importance of objects of defeat, that is instrumental in acceptance of more grounded decisions on the fire defeat of opponent.

**Keywords:** live ammunitions, fire weapons, distributing.