

УДК 355.3:355.4

DOI: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2023-1-77/89-94>

Загорка О. М., доктор військових наук, професор (0000-0003-1131-0904)

Уварова Т. В., кандидат технічних наук (0000-0003-2388-4059)

Загорка І. О. (0000-0002-0693-1434)

Центр воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України
імені Івана Черняхівського, Київ

Визначення об'єктів ураження противника з метою завдання максимального збитку за умовою витрачання заданого ресурсу: методичний підхід

Резюме. Запропоновано методичний підхід до визначення об'єктів противника під час планування їх ураження в операції (бою) з використанням методів аналізу ієрархії і двох функцій.

Ключові слова: об'єкти ураження противника; метод аналізу ієрархій; оптимізація розподілу ресурсів; метод двох функцій.

Постановка проблеми. Найважливішим завданням органів військового управління (ОВУ), яке виконується під час підготовки операції (бою), є розроблення плану вогневого ураження противника (ВУП). Якість плану ВУП визначається його оптимальністю і характеризується збитком, який може бути завданий противнику за результатами ураження його об'єктів. Оскільки планом ВУП визначаються об'єкти противника і засоби їх ураження, то його оптимізація зводиться до “задачі про розподіл ресурсів”, у процесі розв'язання якої потрібно застосовувати математичні методи оптимізації. Обґрунтування методів для розв'язання задачі та порядку їх використання під час визначення об'єктів ураження противника є важливим практичним і науковим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дуже часто задача про розподіл ресурсів розв'язується з використанням методу динамічного програмування, який пристосований до оптимізації рішень у багатокрокових операціях. У праці [1] розглянуто сутність методу динамічного програмування і наведено приклади розв'язання задачі про розподіл ресурсів. Зазначається, що в задачах динамічного програмування далеко не завжди отримується єдине рішення, що обумовлюється неоднозначністю вибору оптимального управління. Алгоритм розподілу зусиль військового формування, озброєного розвідувально-ударними комплексами, з використанням методу динамічного програмування наведено у монографії [2].

Для розв'язання задачі оптимального розподілу неоднорідного ресурсу між елементами системи у праці [3] розглянуто застосування методу двох функцій. Практичне застосування методу двох функцій розглянуто у праці [4] на прикладі визначення оптимального розподілу артилерійських підрозділів для ураження об'єктів противника різної важливості.

У статті [5] для розподілу ресурсу на об'єктах ураження застосовується метод ітерацій з урахуванням їхнього рейтингу, який визначається з використанням методу аналізу ієрархій (МАІ). Для ураження обираються об'єкти з максимальним рейтингом до витрачання наявного ресурсу. Застосування такого підходу не дає змоги повною мірою оптимізувати розподіл ресурсу, тому у деяких випадках може не забезпечуватися завдання максимального збитку об'єктам противника.

Під час розроблення плану ВУП ОВУ розглядається велика кількість об'єктів угруповання військ (сил) противника. Ураховуючи обмеженість засобів (ресурсів) для ураження призначається визначена група об'єктів противника, тому задача про розподіл ресурсів розв'язується в умовах невизначеності, обумовленої неоднозначністю вибору групи об'єктів ураження, що не враховується у розглянутих працях.

У процесі розв'язання задачі про розподіл ресурсів використання методів, наведених у розглянутих працях, враховується важливість об'єктів. Оцінювання важливості об'єктів, як це наведено у працях [2, 5], здійснюється для конкретних умов розв'язання задачі розподілу ресурсів. У нашому випадку необхідно оцінювати важливість великої кількості об'єктів

угруповання військ (сил) противника, що потребує застосування відповідного методичного підходу.

З аналізу розглянутих праць випливає, що невирішеними є питання, які пов'язані з урахуванням невизначеності вибору об'єктів ураження противника та оцінювання їх важливості. Це обумовлює доцільність проведення дослідження з метою розроблення методичного підходу до визначення об'єктів угруповання військ (сил) противника, ураження яких забезпечує завдання максимального збитку противнику.

Виклад основного матеріалу. Визначення об'єктів ураження противника здійснюється у три етапи. На першому етапі оцінюються коефіцієнти важливості об'єктів угруповання військ (сил) противника, які можуть призначатися для ураження. На другому етапі формуються варіанти груп об'єктів ураження противника. Оптимізація розподілу засобів ураження по об'єктах сформованих груп за критерієм завдання максимального збитку противнику

здійснюється на третьому етапі, що дає змогу визначити об'єкти ураження противника.

Оцінювання коефіцієнтів важливості об'єктів угруповання військ (сил) противника

В угрупованні військ (сил) противника міститься N об'єктів, які розглядаються ОБУ під час розроблення плану ВУП. Для оцінювання їх важливості (значущості) пропонується використовувати МАІ [6]. На рис. 1 показана трирівнева ієрархія розв'язання задачі визначення коефіцієнтів важливості об'єктів угруповання військ (сил) противника.

На другому рівні ієрархії міститься L елементів $E_l, l = \overline{1, L}$, які відповідають управлінню угруповання військ (сил), родам видів збройних сил. Елементами третього рівня ієрархії є об'єкти противника (альтернативи). Кожному елементу другого рівня ієрархії (управління військами (силами), роду видів збройних сил) відповідає Z_l об'єктів $A_{sl} (s = \overline{1, Z_l}, l = \overline{1, L})$.

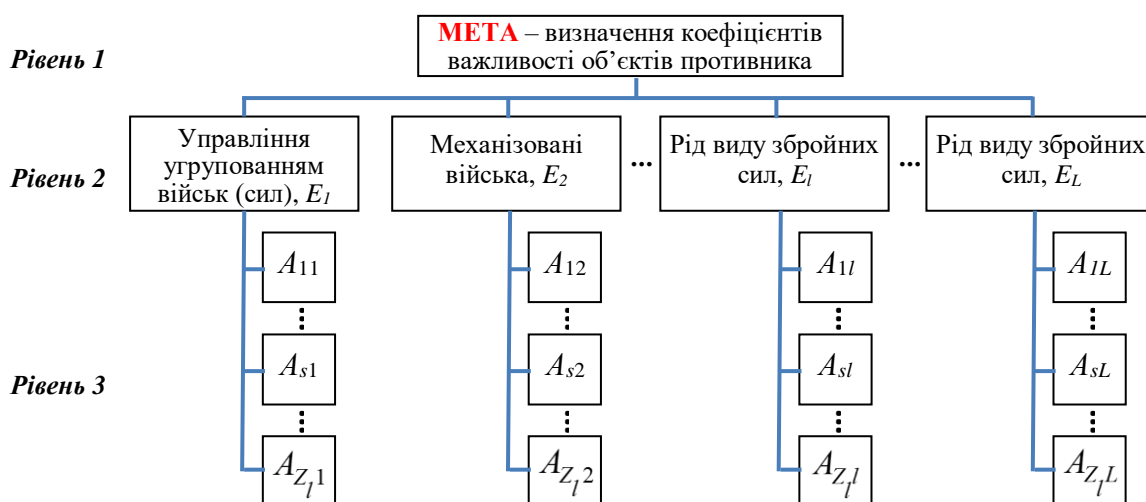


Рис. 1. Ієрархія розв'язання задачі визначення коефіцієнтів важливості об'єктів угруповання військ (сил) противника (варіант)

Загальна кількість об'єктів противника, важливість яких оцінюється,

$$N = \sum_l Z_l, l = \overline{1, L}. \quad (1)$$

Відповідно до процедури застосування МАІ для другого рівня ієрархії (див. рис. 1) експертами складається одна матриця попарних порівнянь елементів E_l розміром $L \times L$. Експерти за дев'ятибальною шкалою [6] порівнюють ступені впливу управління, родів видів збройних сил на боєздатність угруповання військ (сил) – можливості виконання завдань за призначенням. Розглядаються конкретні бойові дії, зокрема

мета, завдання, форми і способи застосування військ, розмах тощо.

У Табл. 1 наведено вигляд матриці попарних порівнянь елементів $E_l (l = \overline{1, L})$ для другого рівня ієрархії.

Під час заповнення матриці експерти визначають відношення ваг ψ_l і ψ_q елементів другого рівня ієрархії ($l = q = \overline{1, L}$). Далі по рядках матриці розраховуються компоненти власного вектора за формулою

$$\xi_l = \sqrt[l]{\prod_q \frac{\psi_l}{\psi_q}}, \quad l = \overline{1, L}, \quad q = \overline{1, L}. \quad (2)$$

Таблиця 1

Матриця попарних порівнянь для другого рівня ієрархії

Елементи	E_1	E_2	...	E_q	...	E_L
E_1	1	ψ_1/ψ_2	...	ψ_1/ψ_q	...	ψ_1/ψ_L
E_2	ψ_2/ψ_1	1	...	ψ_2/ψ_q	...	ψ_2/ψ_L
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
E_l	ψ_l/ψ_1	ψ_l/ψ_2	...	1	...	ψ_l/ψ_L
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
E_L	ψ_L/ψ_1	ψ_L/ψ_2	...	ψ_L/ψ_q	...	1

Пріоритети впливу управління угрупованням військ (сил), родів видів збройних сил на боєздатність угруповання військ (сил) противника визначаються через нормування компонентів власного вектора

$$a_l = \frac{\xi_l}{\sum_l \xi_l}, \quad l = \overline{1, L}, \quad \sum_l a_l = 1. \quad (3)$$

На третьому рівні ієрархії експертами складаються L матриць попарних порівнянь розмірами $Z_l \times Z_l$, з яких аналогічно визначаються пріоритети впливу об'єктів на управління угрупованням військ (сил) і виконання завдань родами видів збройних сил b_{sl} , $s = \overline{1, Z_l}$, $l = \overline{1, L}$.

Коефіцієнти важливості об'єктів противника визначаються за формулою

$$B_{sl} = a_l b_{sl}; \quad \sum_l \sum_s B_{sl} = 1. \quad (4)$$

Далі відповідно до (1) всі коефіцієнти B_{sl} позначаються через B_i з одним індексом ($i = \overline{1, N}$).

Формування варіантів груп об'єктів ураження противника

Визначення об'єктів ураження противника здійснюється в умовах невизначеності, що обумовлюється неоднозначністю їх вибору з усієї сукупності об'єктів угруповання військ (сил), які розглядаються ОВУ під час розроблення плану ВУП. Тому відповідно до основних принципів системного аналізу для розв'язання задачі – визначення об'єктів ураження противника – доцільно використати варіантний метод. Формування варіантів груп об'єктів ураження противника здійснюється евристичним методом. При цьому

враховуються важливість (значущість) об'єктів і можливості щодо їх ураження.

Експертами формується K варіантів груп об'єктів ураження противника. Кожний k -й варіант ($k = \overline{1, K}$) містить n_k об'єктів A_j противника ($j = \overline{1, n_k}$), коефіцієнти важливості яких становлять B_j ; відповідають коефіцієнтам важливості B_i об'єктів, відібраних в групі.

Оптимізація розподілу засобів ураження по об'єктах сформованих груп

Задача розподілу засобів ураження по об'єктах противника розв'язується з використанням методу двох функцій [3] для кожного варіанта групи відібраних об'єктів. Уважається, що по об'єктах групи застосовується задана R кількість неоднорідних засобів ураження (ресурс). Для кожного r -го засобу ($r = \overline{1, R}$) відома ефективність ураження ω_{rj} j -го об'єкта зі складу групи.

Застосування методу двох функцій дає змогу визначити оптимальну матрицю призначень засобів для ураження об'єктів

$$\delta_0 = \left\| \delta_{rj}^0 \right\|_{Rn_k}, \quad \text{яка відповідає максимуму}$$

збитку Z_k об'єктів угруповання військ (сил) противника

$$Z_k = \sum_{j=1}^{n_k} B_j \left(1 - \prod_r (1 - \omega_{rj})^{\delta_{rj}} \right) \quad (5)$$

за умови обмеження на змінні $\sum_{j=1}^{n_k} \delta_{rj} = 1, r = \overline{1, R}$ та при додаткових умовах

$$\left. \begin{array}{l} \delta_{rj} \in \{1; 0\} \\ 1 \geq (1 - \omega_{rj}) \geq 0 \\ B_j > 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \overline{j=1, n_k}, \\ \overline{r=1, R}. \end{array}$$

Матриця ефективності $\|\omega_{rj}\|_{Rn_k}$, яка задається для кожного варіанта групи об'єктів ураження, має вигляд

$$\|\omega_{rj}\| = \begin{pmatrix} \omega_{11} & \omega_{12} & \dots & \omega_{1j} & \dots & \omega_{1n_k} \\ \omega_{21} & \omega_{22} & \dots & \omega_{2j} & \dots & \omega_{2n_k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \omega_{r1} & \omega_{r2} & \dots & \omega_{rj} & \dots & \omega_{rn_k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \omega_{R1} & \omega_{R2} & \dots & \omega_{Rj} & \dots & \omega_{Rn_k} \end{pmatrix}.$$

Оптимізація розподілу засобів ураження по об'єктах противника здійснюється за кроками, кількість яких визначається кількістю засобів ураження.

На кожному кроці оптимізації закріплення r -го засобу ураження здійснюється за i -м об'єктом, для якого приріст функції виграшу з урахуванням функції втрат є максимальним. Обидві функції отримуються з виразу (5). До того ж на кожному кроці враховується значення важливостей, які відповідають частинам об'єктів, що залишилися неуразеними.

Сумарний приріст функції виграшу на t -му кроці розподілу засобів ураження визначається за виразом [3, 4]

$$\Delta_{\varphi v}^{(t)} = B_v^{(t-1)} \omega_{\varphi v} - \sum_{j \neq v} \frac{B_v^{(t-1)} \omega_{\varphi j}}{(1 - \omega_{\varphi j})} \prod_r (1 - \omega_{rj}), \quad (6)$$

$$\varphi \in R^{(t)}, \quad v = \overline{1, n_k}, \quad j = \overline{1, n_k},$$

де $R^{(t)}$ - множина засобів ураження, які не використані до t -го кроку оптимізації.

Закріплення φ_t -го засобу ураження за V_t -м об'єктом на t -му кроці здійснюється за умовою

$$\Delta_{\varphi_t v_t} = \max_{\varphi v} \Delta_{\varphi v}^{(t)}. \quad (7)$$

Обчислювальна схема алгоритму оптимізації розподілу ресурсів докладно наведено у працях [3, 4] і не потребує подальших пояснень.

За результатами оптимізації розподілу засобів ураження по об'єктах противника отримується матриця призначень $\delta_0 = \|\delta_{rj}^0\|_{Rn_k}$, у стовпці якої записується одиниця, якщо r -й засіб ураження закріплюється з j -м об'єктом. Відповідно до матриці призначень за формулою (5) розраховується збиток Z_k , який завдається об'єктам противника.

Збиток Z_k визначається для всіх варіантів груп об'єктів ($k = \overline{1, K}$). Доцільним для завдання ударів вважається варіант групи об'єктів, якому відповідає максимальний збиток ($\max_k Z_k$).

Структурна схема методичного підходу до визначення об'єктів ураження противника наведена на рис. 2.

Застосування МАІ, евристичного методу, методу двох функцій для послідовного розв'язання часткових задач за зазначеними вище етапами дало змогу розробити єдиний методичний підхід до визначення об'єктів ураження противника з метою завдання максимального збитку. Наведений методичний підхід може бути використаний у процесі розроблення методики визначення об'єктів ураження противника для її застосування ОВУ під час планування ВУП.

Висновки. У результаті дослідження розроблено методичний підхід до визначення об'єктів ураження противника на підставі розв'язання "задачі про розподіл ресурсів" за варіантами груп об'єктів. Оптимізація розподілу засобів ураження (ресурсів) по об'єктах противника здійснюється з використанням методу двох функцій. Для оцінювання важливості (значущості) об'єктів противника застосовується МАІ.

Застосування розглянутого підходу дає змогу визначити об'єкти противника, ураження яких забезпечує завдання противнику максимального збитку. Методичний підхід доцільно застосовувати ОВУ під час розроблення плану ВУП.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ЗБРОЙНИХ СИЛ

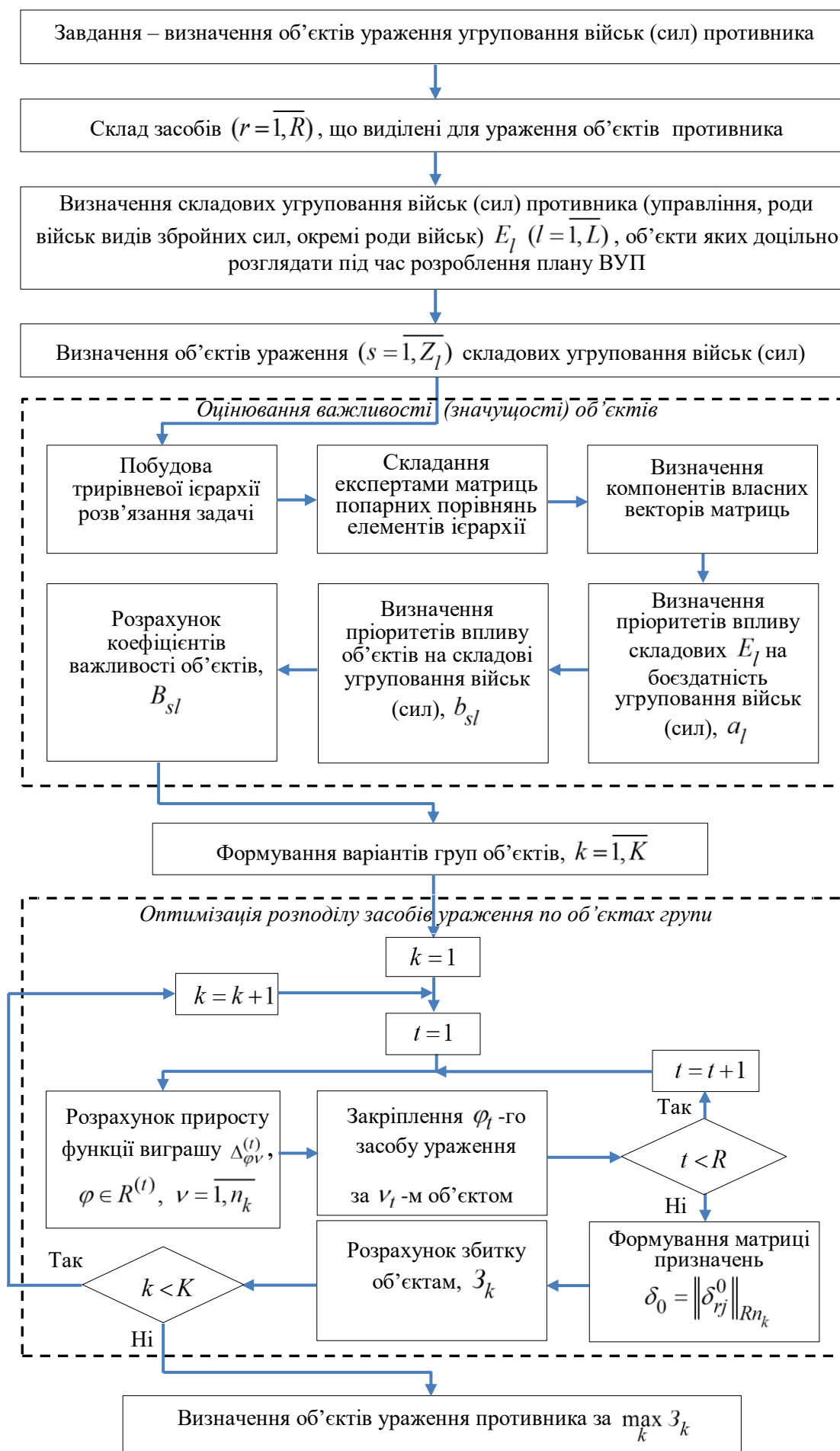


Рис. 2. Структурна схема методичного підходу до визначення об'єктів ураження противника

Подальші дослідження доцільно зосередити на обґрунтуванні принципів формування варіантів груп об'єктів противника для розв'язання “задачі про розподіл ресурсів” з використанням методу двох функцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. Москва : Наука ; Главная редакция физико-математической литературы, 1980. 208 с.
2. Тарасов В. М., Тимошенко Р. І., Загорка О. М. Розвідувально-ударні, розвідувально-вогневі комплекси (принципи побудови в умовах реалізації концепції мережецентричних війн, оцінка ефективності бойового застосування) : монографія / за заг. ред. В. М. Телелима. Київ : НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2015. 184 с.
3. Берзин Е. А. Оптимальное распределение ресурсов и элементы синтеза систем. Москва : Советское радио, 1974. 204 с.
4. Елементи дослідження складних систем військового призначення : навч. посіб. / О. М. Загорка, С. П. Мосов, А. І. Сбітнев, П. І. Стужук. Київ : НАОУ, 2005. 100 с.
5. Коваль М. В., Коваль В. В., Загорка О. М. Методичний підхід до визначення критичних об'єктів ураження противника непрямыми діями // Наука і оборона. 2022. № 2. С. 27–31.
6. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование: организация систем / пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе ; под ред. И. А. Ушакова. Москва : Радио и связь, 1991. 224 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії 14.02.2023

Determination of enemy targets under the condition of spending a given ammunition resource in order to cause maximum damage (methodological approach)

Annotation

The most important task of military command and control bodies carried out in preparation for an operation (battle), is the development of a plan for engaging the enemy by fire. The quality of an enemy fire engagement plan is determined by its optimality and is characterized by the damage inflicted on the enemy as a result of the destruction of his targets.

Since the enemy fire engagement plan defines enemy targets and their means of destruction, its optimization is reduced to a “resource allocation problem”, in the process of solving which mathematical optimization methods must be applied.

Substantiation of methods for solving the problem and the procedure for their use in determining the targets of enemy destruction is an important practical and scientific task.

This makes it expedient to conduct a study in order to develop a methodological approach to determining the objects of the grouping of enemy troops (forces), the defeat of which ensures the infliction of maximum damage to the enemy.

As a result of the study, a methodical approach was developed to determine the objects of the destruction of the enemy based on the solution of the “problem of resource allocation” according to the options for groups of objects.

The application of the approach under consideration makes it possible to determine the enemy objects, the defeat of which ensures the infliction of maximum damage to the enemy. It is expedient to apply the methodical approach to military command and control bodies when developing a fire engagement plan.

Keywords: objects of the destruction of the enemy; method of analysis of hierarchies; optimization of resource allocation; way of two functions.