

УДК 355.415



Г. А. Дробаха



О. М. Гурін

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТА КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВІТРЯНОГО КОМАНДУВАННЯ ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ БОЙОВИХ ДІЙ

*Розкрито питання отримання інтегрального показника для оцінювання ефективності системи матеріального забезпечення повітряного командування під час підготовки бойових дій. Показниками ефективності варіанта структури системи визначено своєчасність, повноту, безперервність та вартість матеріального забезпечення. Запропоновано використовувати метод таксономії для розв'язання багатокритерійної задачі.*

**Ключові слова:** багатокритерійна задача, матеріальне забезпечення, показник, система, таксономія.

**Постановка проблеми та аналіз літератури.** Як переконає досвід воєнних конфліктів останніх десятиріч, у сучасних умовах результат ведення бойових дій військ значною мірою залежить від їх якісного, своєчасного та повного забезпечення.

Обсяги запасів матеріальних засобів, їх ешелонування та структура підрозділів забезпечення мають відповідати бойовим завданням, які покладені на з'єднання, частини і підрозділи Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України [1]. Це підтверджують й результати стратегічних командно-штабних навчань (КШН) у вересні 2017 р. “Непохитна стійкість-2017”, які переконливо свідчать про значний внесок в ефективність ведення бойових дій своєчасного та повного розгортання системи матеріального забезпечення (МЗ) військ.

Сучасні питання формування системи МЗ достатньо повно розкриті у низці праць, але кожна з них присвячена розвитку певного напрямку МЗ бойових дій угруповань Сухопутних військ, Національної гвардії України [1–4, 7–10]. Проте МЗ бойових дій ПС має деякі особливості, які стосуються забезпечення бойових дій (БД) з'єднань та частин родів військ, що ведуть збройну боротьбу у бойових порядках майже на всій території України. Прикладом цього може стати організація МЗ бойового застосування радіотехнічних з'єднань повітряного командування (ПвК), зенітних ракетних

підрозділів “Бук”, С-300ПС, що в умовах проведення операції об'єднаних сил (ООС) розташовані на значних відстанях один від одного та від підрозділів забезпечення військових частин [5, 6].

При цьому питання змісту та порядку оцінювання ефективності системи матеріального забезпечення ПвК під час підготовки до ведення БД мають дискусійний характер і потребують обґрунтування.

**Мета статті** – обґрунтування показників та критеріїв для оцінювання ефективності системи матеріального забезпечення повітряного командування під час підготовки бойових дій.

**Виклад основного матеріалу.** Як основні показники ефективності системи МЗ, які застосовуються [1, 2, 3] у практиці розрахунків під час підготовки до ведення бойових дій ПвК, має сенс розглядати такі:

- своєчасність виконання заходів МЗ;
- повнота забезпечення частин (підрозділів) ПвК необхідними засобами;
- безперервність процесу забезпечення частин (підрозділів);
- вартість побудови системи МЗ ПвК.

Зрозуміло, що вибір конкретного показника і критерію ефективності визначається метою БД та їх інтенсивністю, але частіше це зумовлює необхідність одержувати багатокритерійні оцінки. На практиці ці показники також доцільно використовувати й для порівняльної оцінки якості варіантів

побудови структури системи МЗ ПвК. Причому у ході такого оцінювання зазначених варіантів перелік показників, методи їх визначення, а також межі значень для відносних показників мають бути однакові. Точність визначення показників у разі збільшення обсягу використовуваної інформації про нижчестоящі рівні повинна зростати.

Відомо, що для розв'язання багатокритерійних задач може бути використано підхід, що забезпечує зведення часткових показників ефективності до єдиного показника, наприклад, шляхом підсумовування їх важливості. За такого зведення низькі значення одних показників можуть компенсуватися високими значеннями інших, наприклад, у структурі системи МЗ, оптимальній за таким сумарним показником, може виявитися високим значення показника своєчасності забезпечення, але низькою – повнота забезпечення. У результаті система, оптимальна за сумарним показником, може стати неприпустимою за очікуваними значеннями часткових показників.

Іншим способом розв'язання багатокритерійних задач є вибір одного показника як головного і виведення інших показників у розряд обмежень. Так, при синтезі системи МЗ головним може бути вибраний показник безперервності забезпечення частин (підрозділів) ПвК матеріальними засобами, для якого будується оптимальна структура, що забезпечує максимізацію цього показника. Інші показники, наприклад, вартість побудови системи при оптимізації, можуть використовуватися як обмеження.

Якщо вибрати головний показник не вдається, а зведення показників до єдиного дає неприпустиму похибку, то використовують методи багатокритерійної оптимізації. У цьому випадку спочатку знаходять оптимальну структуру системи МЗ за головним показником, а потім із цієї структури намагаються поліпшити інші показники за рахунок припустимого погіршення головного.

Можна використовувати оптимізацію, сутність якої полягає у відсіканні варіантів, явно не придатних за одним або кількома показниками. Після такої оптимізації залишається обмежений набір задовільних варіантів за всіма показниками.

У деяких випадках для визначення

найкращого варіанта структури системи МЗ ПвК можуть використовуватися таксономічні та логіко-лінгвістичні методи, а також алгоритми, які ґрунтуються на ідеях штучного інтелекту, наприклад експертні системи.

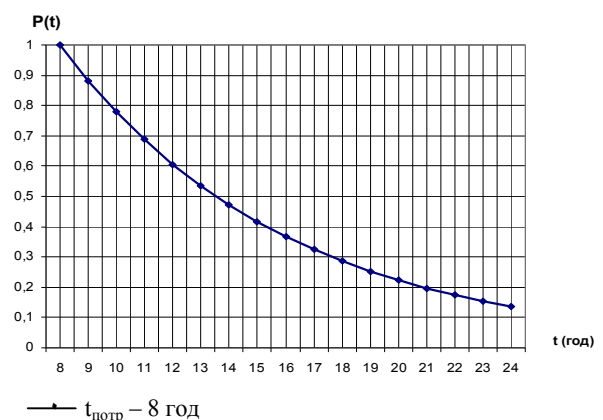
Для досягнення необхідних значень показників ефективності в моделі підтримки рішення має бути передбачено метод пошуку оптимальних значень змінних. До них належать усі методи математичного програмування, логіко-лінгвістичні методи прийняття рішень та низка інших методів оптимізації.

На практиці задача відбору раціонального варіанта системи МЗ ПвК пов'язана з комплексним аналізом показників своєчасності, повноти, безперервності, вартості.

Своєчасність МЗ характеризується ймовірністю події  $P(t)$ , коли доставка МЗ до користувача здійснена не пізніше встановленого часу ( $t_{\text{потр}}$ ):

$$P(t) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } t < t_{\text{потр}}; \\ \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t_{\text{потр}}}, & \text{якщо } t \geq t_{\text{потр}}. \end{cases} \quad (1)$$

На рисунку подано характер зменшення ймовірності своєчасної доставки МЗ користувачеві у разі збільшення часу доставки (варіант).



Коефіцієнт  $\lambda$  урахує умови ведення БД, які змінюють крутість характеристики  $P(t)$ .

Такий характер може коригуватися для конкретних випадків бойової обстановки, коли запізнення, наприклад, на декілька годин призводить до зриву виконання конкретних бойових завдань. Тобто функціональна залежність (1) буде доповнена додатковими обмеженнями.

Зменшення обсягів доставлених матеріальних засобів також призводить до зниження ефективності бойового застосування. Так, запас пального для винищувачів не дозволить піднятися у повітря встановленій кількості літаків для виконання завдання перехоплення повітряних цілей, що зменшує розрахункові значення показників їх ефективності на відповідну величину.

Цей фактор характеризується показником повноти забезпечення ( $K_{\text{п}}$ ):

$$K_{\text{п}} = \frac{V_3}{V_{\text{тр}}}, \quad V_3 \leq V_{\text{тр}}, \quad (2)$$

де  $V_3$  – обсяг матеріальних засобів, що завезені до військової частини (підрозділу) за період підготовки БД;

$V_{\text{тр}}$  – обсяг засобів, потрібний для виконання бойових завдань військовою частиною (підрозділом) протягом БД.

Безперервність виконання завдань частинами (підрозділами) ПвК під час підготовки БД за наявності матеріальних засобів оцінюється за формулою

$$k_{\text{бпi}} = \frac{t_{\text{бдi}}}{t_{\text{оп}}}, \quad (3)$$

де  $t_{\text{бдi}}$  – тривалість часу, коли забезпечується здатність ведення БД  $i$ -ї частини (підрозділу) ПвК за наявності матеріальних засобів, доставлених під час підготовки (за умови  $t_{\text{бдi}} \leq t_{\text{оп}}$ );

$t_{\text{оп}}$  – час ведення БД.

Значення цього показника знаходиться в діапазоні  $[0,1]$ , оскільки  $t_{\text{бдi}} \leq t_{\text{оп}}$ .

Загальний показник безперервності ведення БД частин (підрозділів) ПвК під час підготовки розраховується за формулою

$$k_{\text{бп}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{\text{бпi}}}{n}, \quad (4)$$

де  $n$  – кількість військових частин (підрозділів) ПвК, що забезпечуються.

Критерієм ефективності функціонування системи МЗ ПвК під час підготовки до ведення бойових дій буде таке правило:  $k_{\text{бп}} \rightarrow 1$ .

Отже, одержана сукупність показників свідчить про постановку багатокритерійної задачі прийняття рішення щодо вибору раціонального варіанта структури системи МЗ ПвК. Вирішення цієї задачі полягає у відсіканні варіантів, явно не відповідних за одним або кількома показниками. Після такої

оптимізації залишається обмежений набір задовільних варіантів рішень за всіма показниками. Вибір серед варіантів, що залишилися, можливо зробити з використанням таксономічного методу.

Сутність таксономічного методу полягає в тому, що шукані варіанти структури системи МЗ ПвК характеризуються значеннями сукупності показників (своєчасності, повноти, безперервності та вартості), що складають деяку багатовимірну одиницю, яку можливо подати у вигляді вектора в багатовимірному просторі, координати якого задаються значеннями відповідних показників. Розмірність цього простору дорівнюватиме кількості  $n$  вибраних показників.

Наприклад, нехай відомі значення координат двох векторів значень показників:

$G1 = (g_{11}, g_{12}, \dots, g_{1n})$  та  $G2 = (g_{21}, g_{22}, \dots, g_{2n})$ , що характеризують два варіанти структури системи МЗ ПвК (точки у заданому просторі). Тоді під таксономічною відстанню між цими точками у багатовимірному просторі розуміється величина  $r$ , яка визначається [7, 8] таким чином:

$$r = \sqrt{\sum_{j=1}^n (g_{1j} - g_{2j})^2}. \quad (5)$$

Будемо вважати, що у цьому просторі введено операції суми векторів, множення на скаляр, скалярне множення і проведено метризацію простору (введена декартова відстань між двома точками). Тоді у зв'язку з тим, що компонентами будь-якого із розглянутих векторів є дійсні числа (з фізичного змісту введених показників), такий простір являтиме собою багатовимірний евклідовий простір.

Сукупність  $s$  варіантів структури системи МЗ, що розглядаються, будуть характеризуватися матрицею, кожний рядок якої задає відповідний вектор – набір значень показників для певного варіанта:

$$G = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1j} & \dots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2j} & \dots & g_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{i1} & g_{i2} & \dots & g_{ij} & \dots & g_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{n1} & g_{n2} & \dots & g_{sj} & \dots & g_{sn} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Така матриця містить повну характеристику множини варіантів, що розглядаються, але звичайно показники  $g_{ij}$ , які входять до складу матриці, мають різну розмірність, описують

різні властивості та різний внесок до ефективності системи МЗ, тому не можуть між собою порівнюватися. Для подальшого порівняльного аналізу варіантів структури системи МЗ потрібно здійснити перехід до центрованих безрозмірних величин, що мають вигляд

$$w_{ij} = k_j \frac{g_{ij} - M_j}{\sigma_j}, \quad i=1, \dots, s; \quad j=1, \dots, n, \quad (7)$$

де  $M_j$  – оцінка математичного сподівання значень показника  $g_{ij}$   $i$ -го варіанта структури та  $j$ -го значення показника;  $k_j$  – коефіцієнт важливості  $j$ -го показника, який визначається експертним методом;  $\sigma_j$  – оцінка середньоквадратичного відхилення значень показника  $g_{ij}$ .

Кількість випробувань, що потрібна для обчислення значень шуканих показників, оцінки їх математичного сподівання та середньоквадратичного відхилення, отримують відповідно до [7].

У результаті формується матриця  $W$  значень показників, де всі елементи  $w_{ij}$  мають нульове значення математичного сподівання та одиничне дисперсії:

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1j} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2j} & \dots & w_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{i1} & w_{i2} & \dots & w_{ij} & \dots & w_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{s1} & w_{s2} & \dots & w_{sj} & \dots & w_{sn} \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Відповідно до введеного поняття таксономічної відстані розрахуємо оцінки цієї відстані попарно між всіма  $n$  векторами та побудуємо матрицю  $R$  розміру  $n \times n$ , елементи якої на перетині  $i$ -го рядка та  $j$ -го стовпця набувають значення

$$r_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (w_{ik} - w_{jk})^2}. \quad (9)$$

Для формування показника рівня ефективності системи МЗ потрібно ввести поняття еталонного вектора значень показників. Тоді припустимим як кращий варіант з кількості сформованих буде такий, для якого таксономічна відстань від еталонного вектора буде меншою.

Щоб знайти вектор значень для еталонного варіанта структури, слід урахувати, що будь-який показник з точки зору внеску в загальну

ефективність варіанта структури системи може бути таким, що позитивно впливає на досягнення мети функціонування системи МЗ. Такі в таксономії прийнято називати стимуляторами. Значення цього показника бажано мати якомога більше. Показник може бути таким, що негативно впливає на досягнення мети системи МЗ, він є дестимулятором. Тоді кращим варіантом структури системи МЗ є той, для якого показник набуває якомога менше значення. Якщо показник є позитивним, коли наближується до якогось екстремуму (екстрематор – стимулятор), то кращим варіантом є такий, коли показник набуває значення, ближче до екстремуму. А коли показник є негативним, коли значення показника наближується до екстремуму (екстрематор – дестимулятор), то кращим варіантом є такий, коли показник набуває значення, якомога далі від екстремуму.

Якщо показник належить до класу екстрематорів і відомо значення екстремуму  $g_{ej}$ , то стандартизована безрозмірна величина оптимального значення цього показника відповідно до [8] знаходиться за формулою

$$w_{ej} = k_j \frac{g_{ej} - M_j}{\sigma_j}, \quad j=1, \dots, n. \quad (10)$$

Для знаходження значень еталонного вектора  $W_e$  відповідно до кожного  $j$ -го показника у стовпці матриці стандартизованих значень показників (8) знаходять “краще” значення показника  $w_{ej}$  серед усіх показників.

Таким чином, отриманий вектор “кращих” значень  $W_e = (w_{e0}, w_{e1}, \dots, w_{en})$  задає точку, що вибирається за “еталон ефективності” структури системи матеріального забезпечення. Але для практичного використання зручніше мати нормований показник відстані від еталонного вектора до векторів значень показників у варіантах, що розглядаються. Для знаходження відстані до еталонного вектора  $r_{ei}$  розраховуються математичне сподівання  $\bar{r}_e$  і середнє квадратичне відхилення  $\sigma_e$ :

$$r_{ei} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - w_{ej})^2}, \quad (i=1, 2, \dots, s); \quad (11)$$

$$\bar{r}_e = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s r_{ei}, \quad \sigma_e = \sqrt{\frac{1}{s} \sum_{i=1}^s (r_{ei} - \bar{r}_e)^2},$$

Відомо, що за умовою нормального розподілу випадкової величини відстані  $r_{ei}$  від

кожного вектора до вектора-еталона слід очікувати, що 97,58 % усіх відстаней не будуть перевищувати величину

$$r_e = \bar{r}_e + 2\sigma_e. \quad (12)$$

Це дозволяє використовувати величину  $r_e$  для нормування відстаней кожного з векторів-показників до еталонного вектора. Тоді кількісне значення шуканого показника рівня ефективності структури системи МЗ можна знайти як різницю значень одиниці та відносної (нормованої) відстані кожного вектора показників до еталонного вектора:

$$d_i = 1 - \frac{r_{ei}}{r_e}; \quad 0 \leq d_i \leq 1. \quad (13)$$

Фізична інтерпретація показника полягає у тому, що  $i$ -й варіант структури системи МЗ буде тим краще, чим ближче знайдене значення показника ефективності структури системи  $d_i$  до одиниці.

Таксономічний метод оформлюється таким чином:

1) визначається сукупність показників, які характеризують варіанти структури системи МЗ, а також коефіцієнти їх важливості;

2) формується  $n$  варіантів структур системи МЗ і розраховуються значення цих показників;

3) проводиться перевірка допустимості значень розрахованих показників за кожним із  $n$  варіантів структур системи МЗ, які у разі негативного результату перевірки коригуються так, щоб звести значення показників до тих, що є допустимими;

4) за кожним із  $n$  варіантів розраховуються значення таксономічного показника;

5) за розрахованими значеннями таксономічного показника вибирається кращий варіант структури системи МЗ.

### Висновок

Указаний таксономічний показник та метод його обчислення дозволяють порівнювати варіанти структури системи МЗ з точки зору розглянутої в цій статті сукупності показників системи матеріального забезпечення повітряного командування під час підготовки до ведення бойових дій з урахуванням лінійного та нелінійного впливу змін таких показників.

### Список використаних джерел

1. Теоретичні основи матеріально-технічного забезпечення військ (сил) [Текст] : навч. посіб. / В. О. Шуєнкін, П. С. Закусило, О. І. Хазанович

та ін. – Київ : ЦНДІ ЗС України, 2010. – 723 с.

2. Інформаційні бюлетені № 23430 (Робота командирів МТЗ у АТО); № 23450 (Організація БД за досвідом війни у Афганістані та Чечні); № 23447 (Організація захисту автоколон у АТО); № 23827/75 (Проблеми своєчасного забезпечення ЗС України ОВТ, іншим МТЗ в особливий період, можливі шляхи вирішення).

3. Пропозиції Тилу ЗС України щодо удосконалення і розвитку системи тилового забезпечення ЗС України “Перспективна структура системи тилового забезпечення ЗС України” (затв. Міністром оборони України від 12.12.2014 р. № 1446.).

4. Кивлюк, В. С. Вироблення єдиних поглядів щодо створення сучасної державної системи логістики ЗС України [Текст] / В. С. Кивлюк, М. Я. Клонцак. – Київ : ВІ КНУ ім. Тараса Шевченка, 2016. – № 51. – С. 100–110.

5. Гурін, О. М. Методика синтезу системи тилового забезпечення Повітряних Сил Збройних Сил України у повітряній операції [Текст] / О. М. Гурін // Наука і техніка Повітряних Сил. – Харків, 2017. – Вип. 1 (10). – С. 3–9.

6. Гурін, О. М. Методика формування раціональної структури системи матеріального забезпечення повітряного командування повітряних сил Збройних Сил України у повітряній операції [Текст] / О. М. Гурін // Збірник наукових праць ХНУПС. – Харків, 2017. – Вип. 2 (51). – С. 35–39.

7. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку) [Текст] : монографія / В. П. Городнов, Г. А. Дробаха, М. О. Єрмошин та ін. – Харків : ХВУ, 2004. – 410 с.

8. Городнов, В. П. Комплексна модель оцінювання ефективності та управління елементами матеріального забезпечення під час підготовки та в ході виконання службово-бойових завдань частинами (підрозділами) Національної гвардії України в особливий період [Текст] / В. П. Городнов, В. В. Власюк, В. В. Овчаренко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – Вип. 1 (26). – С. 123–132.

9. Городнов, В. П. Модель оцінки повноти та імовірності своєчасного постачання матеріальних засобів для виконання службово-бойових завдань частинами (підрозділами) Національної гвардії України в особливий період [Текст] / В. П. Городнов, В. В. Власюк, В. В. Овчаренко // Збірник наукових праць

Харківського університету Повітряних Сил. – Харків, 2016. – Вип. 4 (49). – С. 6–17.

10. Ролін, І. Ф. Методичні положення щодо визначення показників і критерію ефективності функціонування системи тилового забезпечення

угруповання внутрішніх військ [Текст] / І. Ф. Ролін, І. Є. Морозов // Системи озброєння і військова техніка. – 2013. – № 4. – С. 151–156.

*Стаття надійшла до редакції 16.03.2018 р.*

**УДК 355.415**

**Г. А. Дробаха, А. Н. Гурин**

**ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗДУШНОГО КОМАНДОВАНИЯ ВО ВРЕМЯ ПОДГОТОВКИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ**

*Раскрывается вопрос получения интегрального показателя для оценки эффективности системы материального обеспечения воздушного командования во время подготовки боевых действий. Показателями эффективности варианта структуры системы определены своевременность, полнота, непрерывность и стоимость материального обеспечения. Предложено использовать метод таксономии для решения многокритериальной задачи.*

**Ключевые слова:** многокритериальная задача, материальное обеспечение, показатель, система, таксономия.

**UDC 355.415**

**G. A. Drobakha, O. M. Gurin**

**A GROUND OF INDEXES AND CRITERIA OF EFFICIENCY OF SYSTEM OF MATERIAL PROVIDING OF AIR COMMAND IS DURING PREPARATION TO CONDUCT OF BATTLE ACTIONS**

*In the article the question of receipt of integral index for estimation of efficiency of the system of the material providing of air command opens up during preparation to the conduct of battle actions. It is certain the indexes of efficiency of variant of structure of the system timeliness, plenitude, continuity and cost of the material providing. It offers to use the method of taxonomy for the decision of multicriterion task.*

**Keywords:** multicriterion task, material providing, index, system, taxonomy.

**Дробаха Григорій Андрійович** – доктор військових наук, професор, головний науковий співробітник науково-дослідного центру службово-бойової діяльності НГУ Національної академії Національної гвардії України

**Гурін Олександр Миколайович** – науковий співробітник науково-дослідного відділу проблем розвитку та науково-технічного супроводження ОБТ (засобів наземного забезпечення бойових дій авіації) наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба