

УДК 621.317.08

О. О. Морозов, С. А. Соколовський

## СИНТЕЗ СТРАТЕГІЙ НАРОЩУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ РЕМОНТНИХ ОРГАНІВ ЩОДО РЕМОНТУ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

*Запропонована постановка та алгоритм рішення задачі синтезу оптимальних стратегій нарощування операційних можливостей ремонтних органів військових формувань Національної гвардії України.*

*К л ю ч о в і с л о в а: система ремонтних органів, оптимальні стратегії, показник ефективності.*

**Постановка проблеми.** Проведення спеціальних операцій військовими формуваннями Національної гвардії України (НГУ) може супроводжуватися виходом з ладу озброєння і військової техніки (ОВТ) внаслідок пошкоджень і відмов. Відновлення таких ОВТ покладається як на їх екіпажі, так і на ремонтні органи (РО). Розгортаючи РО військових формувань НГУ, їх склад сил та засобів, перш за все, визначають на підставі прогнозу (розрахунку) можливих втрат та пошкоджень ОВТ, очікуваних обсягів та видів ремонту. Очевидно, що розгорнуті РО повинні забезпечувати своєчасне та безперебійне виконання завдань з ремонту ОВТ [1].

Проте на практиці на початковому етапі функціонування РО не завжди є потреба у повному використанні всіх їхніх операційних можливостей. Під останніми будемо розуміти можливості РО з виконання всіх операцій ремонту ОВТ. Динаміка зміни обсягів та видів ремонту ОВТ може обумовити доцільність їх поступового нарощування. Під нарощуванням операційних можливостей розумітимемо розгортання нових ділянок з ремонту ОВТ, називатимемо їх робочими місцями (РМ), та нарощування операційних можливостей РО, що вже функціонують. За таких умов актуальною є задача визначення оптимальних за вибраним показником стратегій нарощування операційних можливостей РО.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В існуючій теорії відновлення ОВТ, зокрема створення системи РО, розподілу завдань між їх ієрархічними рівнями, можна виділити дві групи задач. Перша група – це статичні задачі синтезу структури РО, рішенням яких є склад та взаємозв'язки між рівнями відновлення ОВТ. На сьогодні стосовно цієї групи задач напрацьована достатня науково-методична база обґрунтування доцільного складу РО [2–8], організації роботи цих органів з ремонту ОВТ тощо [3, 7, 9, 10].

Друга група задач – це обґрунтування оптимальних (раціональних) стратегій ремонту ОВТ. Для цієї групи задач теж мають певні напрацювання [5, 8–10]. Наведений у них методичний апарат базується на припущенні, що РО з початку виконання завдань з ремонту будуть виконувати визначений обсяг завдань у повному обсязі. Але досвід та дослідження вірогідної динаміки відмов та пошкоджень ОВТ під час проведення бойових дій (спеціальних операцій) свідчать, що може мати місце поступове їх нарощування [11]. Отже, обсяг та види ремонту ОВТ також матимуть поступово наростаючий характер. За таких умов доцільно вирішувати задачу обґрунтованого нарощування операційних можливостей РО до визначеного рівня. Все це вкладається в задачу визначення стратегій нарощування до визначеного рівня операційних можливостей РО. Очевидно, що для її вирішення необхідно визначитись з показником ефективності таких стратегій та механізмом їх синтезу.

**Мета статті** – визначити показник ефективності та розробити алгоритм синтезу оптимальних стратегій нарощування операційних можливостей РО військових формувань НГУ.

**Виклад основного матеріалу.** Задачу синтезу оптимальних стратегій нарощування операційних можливостей РО можна сформулювати так.

Систему РО військових формувань НГУ складають  $v_j$ ,  $j = \overline{1, J}$ , ремонтних органів. Кожний  $v_j$ -й РО може мати у своєму складі  $s_i$ ,  $i = \overline{1, I}$ , робочих місць з ремонту ОВТ, які можуть бути розгорнуті за заданий інтервал часу  $\tau_k$ ,  $k = \overline{1, K}$ .

Кожне РМ – це сукупність технологічного обладнання, яка характеризується операційними можливостями щодо виконання робіт з ремонту ОВТ. Потенційні можливості РМ реалізуються за умов його повного розгортання та завантаження плановим обсягом робіт. РМ може складатися з

декількох комплектів технологічного обладнання, після розгортання яких воно реалізує свій операційний потенціал. Тобто розгортання РМ здійснюється за етапами, кожний з яких передбачає розгортання одного комплекту технологічного обладнання.

Умови розгортання як РМ, так і технологічного обладнання залежать від динаміки та характеру зростання потреб у ремонті, забезпеченості необхідними ресурсами та інших факторів.

Позначимо через  $C_{imj}$  витрати на розгортання  $s_i$ -го РМ на  $q_m$ -му етапі розгортання у  $v_j$ -му РО, де  $i = \overline{1, I_j}$ ,  $j = \overline{1, J}$ ,  $m = \overline{1, M_{ij}}$ , а відповідний рівень операційних можливостей – через  $w_{imj}$ ,  $i = \overline{1, I_j}$ ,  $j = \overline{1, J}$ ,  $m = \overline{1, K}$ .

Введемо змінні

$$z_{ikj} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } s_i \text{-те РМ } v_j \text{-го РО починає розгортання на } q_k \text{-му етапі;} \\ 0 & \text{– у протилежному випадку.} \end{cases}$$

Тоді сумарний рівень операційних можливостей сукупності РМ, що розгортаються,  $v_j$ -го РО на  $q_k$ -му етапі складе:

$$W_{kj} = \sum_{s_i=1}^{I_j} \sum_{q_m=1}^k w_{imj} \cdot z_{i, k-m+1, j}; \quad j = \overline{1, J}; \quad k = \overline{1, K}. \quad (1)$$

Витрати на досягнення операційних можливостей  $W_{kj}$  у  $v_j$ -му РО на  $q_k$ -му етапі його розгортання будуть дорівнювати:

$$C_{kj} = \sum_{s_i=1}^{I_j} \sum_{q_m=1}^{L_{ikj}} c_{imj} \cdot z_{i, k-m+1, j}; \quad j = \overline{1, J}; \quad k = \overline{1, K}, \quad (2)$$

де індекс  $L_{ikj} = \min\{k, M_{ij}\}$ .

Очевидно, що сумарний рівень операційних можливостей всіх РО повинен бути не нижче сумарного приросту рівня потреб у ремонті ОВТ по відношенню до рівня операційних можливостей у початковий період функціонування. Це обмеження можна представити у такому вигляді:

$$\sum_{v_j=1}^J \sum_{s_i=1}^{I_j} \sum_{q_m=1}^k w_{imj} \cdot z_{i, k-m+1, j} \geq \sum_{v_j=1}^J W_{jk}^3; \quad k = \overline{1, K}, \quad (3)$$

де  $W_{jk}^3$  – задані потреби у прирості операційних можливостей для  $v_j$ -го РО на  $q_k$ -му етапі розгортання.

Можливі дві стратегії розгортання системи РО. Перша полягає в тому, що потреба у розгортанні РО задовольняється за рахунок приросту операційних можливостей у кожному з таких органів. Друга стратегія передбачає компенсацію нестачі РО шляхом перерозподілу обсягів робіт з ремонту ОВТ між цими органами. Як показано у праці [12], реалізація другої стратегії передбачає вирішення задачі розвитку транспортної мережі. Крім того, глобального оптимуму можна досягти лише з використанням другої стратегії.

Ремонт ОВТ передбачає певну етапність виконання робіт. Несправні (непрацездатні) та пошкоджені зразки ОВТ спочатку дефектують, а потім ремонтують та приводять у готовність до використання [2, 3, 7]. Це обумовлює певну черговість розгортання РМ у РО.

Логічні обмеження на черговість розгортання РМ можна врахувати за допомогою рівнянь виду:

$$\sum_{\tau_k=1}^K \tau_k (z_{ikj} - z_{tkj}) = q_t - q_i - 1; \quad j = \overline{1, J}; \quad (t, i) \in A, \quad (4)$$

де  $A$  – множина індексів.

Рівняння (4) означають, що  $q_t$ -й етап розгортання  $s_t$ -го РМ слідує відразу після закінчення  $q_i$ -го етапу розгортання  $s_i$ -го РМ.

Обсяги робіт з ремонту різних видів (типів) ОВТ можуть істотно різнитися, що позначається на термінах розгортання РМ.

Обмеження на початок розгортання  $s_i$ -го РМ можна записати так:

$$\sum_{\tau_k=1}^K z_{ikj} = 1; \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, J}. \quad (5)$$

Тобто обмеження (5) відображають “директиву” розгортання РМ: почати розгортати  $s_i$ -те РМ не пізніше  $q_k$ -го етапу.

У процесі рішення задачі можна вибрати технологію комплектування цих місць. Для чого кожному РМ необхідно поставити у відповідність кінцевий набір допустимих технологій комплектування робочих місць ТхОб  $r = \overline{\alpha_i, \beta_i}$ , а змінну  $z_{ikj}$  замінити на  $z_{rkj}$ , де  $r$  набуває значення  $\overline{\alpha_i, \beta_i}$  для всіх  $i = \overline{1, I}$  та  $j = \overline{1, J}$ . Умова вибору не більше ніж однієї технології комплектування  $s_i$ -го РМ матиме вигляд:

$$\sum_{\tau_k=1}^K \sum_{r=\alpha_i}^{\beta_i} z_{rkj} \leq 1; \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, J}. \quad (6)$$

Запропонована постановка задачі дозволяє проводити оптимізацію та аналіз стратегій нарощування операційних можливостей РО військових формувань НГУ.

Залежно від особливостей задачі як критерій оптимальності стратегій нарощування операційних можливостей РО можна використовувати різні показники оптимальності.

Рішення сформульованої задачі можна представити як пошук такого варіанту розгортання РО, за якого операційні можливості системи РО сягатимуть максимуму:

$$W_{CPO} = \sum_{\tau_k=1}^K \sum_{v_j=1}^J W_{kj} \rightarrow \max, \quad (7)$$

за умови виконання обмежень (2–6), де величину  $W_{kj}$  розраховують за формулою (1).

Якщо динаміка нарощування операційних можливостей РО задана (визначена заданими обсягами робіт з ремонту ОБТ), то як показник оптимальності стратегії нарощування їх операційних можливостей можна використати мінімальну вартість витрат на досягнення заданого рівня операційних можливостей:

$$C_{CPO} = \sum_{\tau_k=1}^K \sum_{v_j=1}^J C_{kj} \rightarrow \min \quad (8)$$

у разі виконання обмежень (1) та (3–6), де величину  $C_{kj}$  розраховують за формулою (2).

За умови певної свободи вибору рівнів нарощування операційних можливостей системи РО, у рішенні задачі можна використовувати критерій типу максимізації нарощування операційних можливостей РО за час їх розгортання, що розглядається  $[\tau_A, \tau_B]$ :

$$\sum_{v_j=1}^J \sum_{\tau_k=\tau_A}^{\tau_B} z_{jk} \cdot \sum_{q_m=1}^L W_{jm} \cdot (\tau_K - \tau_k - q_m + 2) \rightarrow \max, \quad (9)$$

де  $L = \min(L_j, K - k + 1)$ ;  $L_j$  – індекс тривалості розгортання  $v_j$ -го РО;  $K = B - A + 1$  – індекс етапу розгортання, що планується;  $W_{jm}$  – приріст операційних можливостей  $v_j$ -го РО на  $q_m$ -му етапі розгортання.

Результатами рішення задач (7–9) будуть значення змінних  $z_{jk}$ , які доставлять екстремум цільовій функції.

Для рішення задачі можна застосувати алгоритм, запропонований у [13]. Стосовно сформульованої задачі цей алгоритм буде містити графову формалізацію розгортання РМ у РО і процедуру перегляду варіантів рішення, в основу якої покладений метод “гілок і границь”.

## Висновки

1. Запропоновані показники та критерій ефективності стратегій нарощування операційних можливостей РО щодо ремонту ОБТ, розроблений алгоритм синтезу оптимальних стратегій.

2. Розглянуто синтез оптимальних стратегій на підставі використання допустимих варіантів нарощування операційних можливостей РО щодо ремонту ОБТ.

3. Алгоритм синтезу оптимальних стратегій дозволяє вирішувати задачу як за умови заданої динаміки нарощування обсягів ремонту ОБТ, так і за умов певної свободи у виборі рівнів нарощування операційних можливостей РО.

#### **Список використаних джерел**

1. Темніков, В. О. Визначення потреб угруповання внутрішніх військ МВС України у заходах технічного забезпечення на підставі оцінки технічної обстановки у районі спеціальної операції [Текст] / В. О. Темніков, Г. М. Маренко // Честь і закон. – 2012. – № 2 (41). – С. 63–71.

2. Шуєнкін, В. О. Теоретичні основи матеріально-технічного забезпечення військ (сил) [Текст]. Ч. 2. : навч. посіб. / В. О. Шуєнкін, І. С. Ішутін. – К. : ЦНДІ ЗС України, 2006. – 576 с.

3. Технічне забезпечення військ (сил) у операції бою [Текст] : підручник / В. О. Шуєнкін, І. С. Ішутін, О. І. Хазанович та ін.; за ред. М. І. Шапталенка. – К. : НАОУ, 2001. – 616 с.

4. Шуєнкін, В. О. Методика визначення раціонального складу ремонтних органів з урахуванням ресурсних обмежень на їх створення [Текст] / В. О. Шуєнкін, І. С. Ішутін // Наука і оборона. – 2009. – № 3. – С. 57–62.

5. Шуєнкін, В. О. Метод визначення ефективності системи управління матеріально-технічним забезпеченням військ (сил) [Текст] / В. О. Шуєнкін // Наука і оборона. – 2003. – № 4. – С. 18–22.

6. Горевич, Б. Н. Методика определения параметров построения системы МТО группировки авиации и войск ПВО [Текст] / Б. Н. Горевич, А. А. Брус, В. Л. Миняйло // Военная мысль. – 2011. – № 4. – С. 48–54.

7. Шуєнкін, В. О. Теоретичні основи матеріально-технічного забезпечення військ (сил) [Текст]. Ч. 1. : навч. посіб. / В. О. Шуєнкін. – К. : ЦНДІ ЗС України, 2006. – 326 с.

8. Левківський, О. П. Стратегія розвитку авторемонтного виробництва в період глобальних трансформацій [Текст] / О. П. Левківський, О. М. Козіс // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – 2002. – № 2. – С. 68–71.

9. Андрієвський, А. П. Методика обґрунтування вимог до сил і засобів системи відновлення автомобільної техніки [Текст] / А. П. Андрієвський // Збірник наукових праць. – № 2 (40). – К. : ЦНДІ ЗС України, 2007. – С. 115–125.

10. Будяну, Р. Г. Аналіз експлуатаційної надійності військових автомобілів та роботи ремонтно-відновних підрозділів [Текст] / Р. Г. Будяну, О. А. Сорва, Ю. В. Ольшевський, Л. М. Типова // Труды академії : зб. наук. праць. – № 82. – К. : НАОУ, 2008. – С. 220–225.

11. Шуєнкін, В. О. Метод оцінювання втрат матеріальних засобів військових формувань у ході бойових дій [Текст] / В. О. Шуєнкін // Наука і оборона. – 2005. – № 4. – С. 45–49.

12. Цвиркун, А. Д. Структура многоуровневых и крупномасштабных систем: Синтез и планирование развития [Текст] / А. Д. Цвиркун, В. К. Акинфеев. – М. : Наука, 1993. – 157 с.

13. Сергиенко, И. В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации [Текст] / И. В. Сергиенко. – Киев : Наук. думка, 1988. – 472 с.

*Стаття надійшла до редакції 12.11.2014 р.*