

УДК 621.317

О.О. Морозов

Національна академія Національної гвардії України, Харків

## ЗАДАЧА СИНТЕЗУ СТРАТЕГІЙ РОЗГОРТАННЯ РЕМОНТНИХ ОРГАНІВ УГРУПУВАНЬ ВІЙСЬК (СИЛ)

У статті наводиться постановка задачі синтезу стратегії розгортання ремонтних органів для вирішення завдань з ремонту озброєння і військової техніки угруповань військ (сил) при проведенні операції (бойових дій).

**Ключові слова:** озброєння і військова техніка, ремонтні органи, ремонт, стратегія розгортання

### Вступ

**Постановка проблеми.** Ремонт озброєння і військової техніки (ОВТ) за умов проведенні операцій (бойових дій) угрупованнями військ (сил) повинен забезпечувати оперативне та безперервне приведення пошкоджених та тих, що відмовили, зразків ОВТ у працездатний, а за можливості і у справний стан. Ремонт ОВТ здійснюється, як правило, у оперативних паузах та може виконуватися на місцях виходу їх з ладу, у найближчих укриттях (далі – бойові порядки військ (БПВ)) або на збірних пунктах пошкоджених машин (ЗППМ) [1].

Динаміка операцій (бойових дій) характеризується або поступовим нарощуванням або масовим впливом противника на певному інтервалі часу [2]. Це призводить до такої ж динаміки нарощування обсягів робіт з ремонту ОВТ, що зазнають бойових пошкоджень. Отже має місце ситуація, коли за прогнозом визначені обсяги і терміни виконання робіт з ремонту ОВТ та вимоги до складу ремонтних органів (РО). З іншого боку є реальна динаміка цих робіт, часовий "тренд" початку робіт з ремонту ОВТ. За цих умов актуальним є завдання поступового розгортання ремонтних органів до рівня, що визначений, перерозподіл зусиль між цими органами. Для вирішення цих завдань необхідно мати стратегію їх розгортання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В існуючій теорії ремонту ОВТ, зокрема, створення системи ремонтних органів, розподілу завдань між рівнями їх ієрархії можна виділити дві групи задач. Перша група задач – це статичні задачі синтезу структури РО, рішенням яких є склад та взаємозв'язки між рівнями ремонту ОВТ. І на сьогодні по цій групі задач напрацьована достатня науково-методична база обґрунтування доцільного складу ремонтних органів [3, 4], організації роботи цих органів з ремонту ОВТ тощо [5 – 7].

Друга група задач – це обґрунтування оптимальних (раціональних) стратегій використання РО. По цій групі задач теж накопичені певні напрацювання [5, 7 – 10]. Разом з тим наведений у цих роботах методичний апарат базується на припущенні, що ремонтні органи з початку виконання завдань з ремонту будуть викону-

вати визначений обсяг завдань у повному обсязі. Але досвід та дослідження вірогідної динаміки відмов та пошкоджень ОВТ при проведенні операцій (бойових дій) свідчить, що може мати місце поступове їх нарощування [5, 7]. Отже і обсяг та види ремонту ОВТ також будуть мати поступово наростаючий характер. За цих умов доцільно вирішувати задачу обґрунтованого розгортання РО, перерозподілу робіт з ремонту ОВТ між цими органами. Все це вкладається в задачу визначення оптимальних стратегій розгортання ремонтних органів. Очевидно, що для вирішення такої задачі необхідно визначитись з показником ефективності таких стратегій та механізмом їх синтезу.

**Мета статті** – формалізувати задачу синтезу оптимальних за обраним показником ефективності стратегій розгортання ремонтних органів угруповання військ (сил) та запропонувати метод її вирішення.

### Виклад основного матеріалу

Розглянемо вихідні дані задачі. Сили та засоби з ремонту ОВТ угруповання військ (сил) структуровані у  $i = \overline{1, I}$ , ремонтних органи. При цьому частина РО  $I'$  – це органи, що розгортаються у БПВ, а частина  $I''$  – це ті, що розгортаються у ЗППМ. За інтенсивністю проведення операції (бойових дій) на інтервалі  $[0, T]$  можна виділити ряд етапів  $t = \overline{1, T}$ , для яких планується розгортання РО та нарощування їх зусиль щодо ремонту ОВТ. Кожний ремонтний орган характеризується рівнем операційних можливостей щодо видів та обсягів ремонту  $\omega_i$  та комплектом ремонтного обладнання (РОб)  $\zeta_i$ . Комплекти РОб  $\zeta_{it}$  для кожного періоду  $t$  відрізняється – поступово розгортаються комплекти обладнання.

Ремонтні органи у БПВ та ті, що розгортаються у ЗППМ, певним чином між собою пов'язані. Якщо потреби у відновленні ОВТ не задовольняються одним РО, то можливий перерозподіл обсягів робіт до іншого органу.

Стратегію розгортання РО можна представити множиною шляхів на багатодольному альтернативному графі (рис. 1) [11].

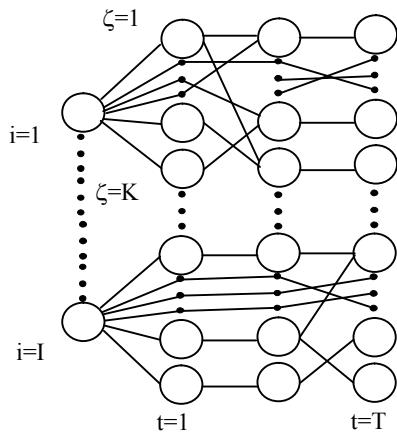


Рис. 1. Граф розгортання ремонтних органів

Множина вершин графу відображає набір можливих комплектів ремонтного обладнання РО у задані етапи розгортання, а множина дуг – можливі переходи від одного комплекту обладнання до іншого.

Задачу розгортання можна сформулювати як задачу синтезу оптимальної стратегії розгортання ремонтних органів, що визначить моменти розгортання кожного органу, структуру органів (склад та зв'язки РО, комплекти РОб) у кожний період розгортання. Крім того, необхідно визначити потоки вимог щодо ремонту ОБТ між ремонтними органами множин I' та I'' з урахуванням динаміки змін потреб у ремонті ОБТ та витрат на розгортання цих органів.

Для формалізації задачі введемо наступні змінні:  $x_{i\zeta t} = 1$ , якщо i-й РО має  $\zeta$ -й комплект РОб у t-й період розгортання,  $x_{i\zeta t} = 0$  – у протилежному випадку;  $y_{it}$  – обсяги робіт з ремонту ОБТ, що необхідно виконати i-му РО з множини I'', та які надходять від РО з множини I' у t-й період розгортання.

Позначимо через  $\Delta\omega_{i\zeta t} = \omega_{it} - \omega_{\zeta}$  різницю між необхідними операційними можливостями для i-го РО щодо ремонту ОБТ у t-й період та його операційними можливостями при  $\zeta$ -му комплекті РОб. Нехай  $\Delta\bar{\omega}_{i\zeta t} = \Delta\omega_{i\zeta t}$ , якщо  $\Delta\omega_{i\zeta t} > 0$ , та  $\Delta\bar{\omega}_{i\zeta t} = 0$  у протилежному випадку;  $\Delta\tilde{\omega}_{i\zeta t} = -\Delta\omega_{i\zeta t}$ , якщо  $\Delta\omega_{i\zeta t} < 0$  та  $\Delta\tilde{\omega}_{i\zeta t} = 0$  у протилежному випадку.

З урахуванням введених змінних та умов вираз, який би характеризував ступінь відповідності операційних можливостей РО потребам у ремонті ОБТ, можна представити у вигляді:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^I \sum_{\zeta=1}^K \left( \Delta\bar{\omega}_{j\zeta t} \cdot x_{j\zeta t} + \sum_{i \in I''} (\Delta\bar{\omega}_{i\zeta t} \cdot x_{i\zeta t} - y_{it}) \right), \quad (1)$$

де I' – множина РО, що розгортаються у БПВ;

I'' – множина РО, що розгортаються у ЗППМ, та до яких можна перепризначити виконання робіт j-го РО з множини I'.

Ремонтні органи різних рівнів організаційної побудови угруповання НГУ мають визначені комплекти РОб, що необхідно враховувати при визначенні стратегії їх розгортання. Ця умова вибору для кожного РО одного комплекту РОб з допустимої множини можна формалізувати у вигляді:

$$\sum_{\zeta=1}^K x_{i\zeta t} = 1, \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T}. \quad (2)$$

Обмежені можливості РО, що розгортаються у БПВ, вимагають перерозподілу зусиль щодо ремонту між РО множин I' та I''. Але при цьому необхідно враховувати обмежені можливості РО, що розгортаються у ЗППМ. Обмеження на перерозподіл обсягів робіт між цими РО можна представити як:

$$0 \leq \sum_{i \in I''} y_{it} \leq \sum_{\zeta=1}^K \Delta\tilde{\omega}_{j\zeta t} \cdot x_{j\zeta t}, \quad i = \overline{1, I'}, \quad t = \overline{1, T}. \quad (3)$$

Обмеження (3) показує, що обсяги робіт, які перерозподіляються від РО множини I' органам з множини I'', не повинні перевищувати надлишків операційних можливостей j-го РО з множини I'.

Умови того, що зростання обсягів робіт у i-му РО множини I'' не перевищить нестачі операційних можливостей i-го РО, можна представити як:

$$0 \leq y_{it} \leq \sum_{\zeta=1}^K \Delta\omega_{j\zeta t} \cdot x_{j\zeta t}, \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T}. \quad (4)$$

Умови, що обмежують набір можливих комплектів РОб i-го РО у кожний t-й період розгортання, запишеться у вигляді:

$$\sum_{\zeta=1}^K \zeta \cdot x_{j\zeta t} \leq K_{it}^*, \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (5)$$

де  $K_{it}^*$  – мінімальний комплект РОб i-го РО, який повністю задовольняє його потреби щодо виконання певних обсягів ремонту ОБТ у t-й період.

Умови щодо мінімальної кількості РО у t-й період розгортання можна задати у вигляді:

$$\sum_{i=1}^I x_{jit} \leq N_t, \quad t = \overline{1, T}, \quad (6)$$

де  $N_t$  – максимально допустима кількість РО, яку дозволяють не розгортати у t-й період.

Розгортання РО супроводжується витратами, які можна формалізувати у вигляді [11]:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^I \left( \sum_{\zeta=1}^K c_{\zeta} \cdot x_{j\zeta t} - c_{\zeta} \cdot x_{j\zeta(t-1)} + \sum_{i \in I''} (\varepsilon_{\zeta} \cdot x_{i\zeta t} - c_{\zeta} \cdot x_{i\zeta(t-1)}) \right), \quad (7)$$

де  $c_{\zeta}$  – витрати на розгортання РО з  $\zeta$ -м комплектом РОб.

В залежності від особливостей задачі як показник оптимальності стратегії розгортання РО можна використати або вираз (1), або (7). При цьому відповідно вирази (7) або (1) будуть виступати як обмеження.

З представленої задачі визначення стратегії розгортання РО видно, що це лінійна задача математичного програмування з безперервними та булевими змінними.

Розглянута задача дозволяє проводити синтез і аналіз стратегій розгортання РО. Для її вирішення доцільно використовувати графову формалізацію розгортання РО та алгоритм, застосований на процедурі перегляду варіантів рішення з використанням схеми "гілок та границь" [12].

## Висновки

1. Одним із дієвих шляхів забезпечення ефективного використання ремонтних органів для ремонту ОВТ є визначення оптимальних з точки зору обраного показника ефективності стратегій розгортання таких органів.

2. Розгортання ремонтних органів за визначеною стратегією повинно передбачати моменти розгортання кожного органу, структуру органів (склад та зв'язки РО, комплекти РОБ) у кожний період розгортання.

3. На основі запропонованих показників ефективності стратегій розгортання РО здійснена формалізація задачі синтезу оптимальних стратегій як задачі математичного програмування з безперервними та булевими змінними. Запропонований алгоритм рішення задачі.

## Список літератури

1. Шуєнкін В.О. Теоретичні основи матеріально-технічного забезпечення військ (сил): навч. посіб. / В.О. Шуєнкін. – К.: ЦНДІ ЗС України, 2006. – Ч. 1. – 326 с.
2. 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.

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

4. Технічне забезпечення військ (сил) у операції бою: підручн. / В.О. Шуєнкін, І.С. Ішутін, О.І. Хазанович та інші.; за ред. М.І. Шаталенка. – К.: НАОУ, 2001. – 616 с.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

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. – К., 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. 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. – К.: НАОУ, 2008. – № 82. – С. 220-225.

11. Цвиркун А.Д. Структура многоуровневых и крупномасштабных систем: Синтез и планирование развития / А.Д. Цвиркун, В.К. Акинфеев / РАН, Ин-т проблем управления. – М.: Наука, 1993. – 157 с.

12. Сергиенко И.В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации / И.В. Сергиенко. – К.: Наукова думка, 1988. – 472 с.

Надійшла до редколегії 9.12.2014

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.М. Крюков, Національна академія Національної гвардії України, Харків.

## ЗАДАЧА СИНТЕЗА СТРАТЕГИЙ РАЗВОРАЧИВАНИЯ РЕМОНТНЫХ ОРГАНОВ ГРУППИРОВОК ВОЙСК (СИЛ)

А.А. Морозов

В статье приводится постановка задачи синтеза стратегий разворачивания ремонтных органов для решения задач ремонта вооружения и военной техники группировок войск (сил) при проведении операций (боевых действий).

**Ключевые слова:** вооружение и военная техника, ремонтные органы, ремонт, стратегия разворачивания.

## THE TASK OF SYNTHESIS STRATEGIES EXPANDER REPAIR ORGANS OF GROUPINGS OF TROOPS (FORCES)

A.A. Morozov

The article discusses the problem of synthesis strategies expander repair agencies for the repair of weapons and military equipment groupings of troops (forces) operations (combat actions).

**Keywords:** weapons and military equipment, repair organs, repair, strategy deployment.