

УДК 621.317.08

О. О. Морозов

НАРОЩУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Запропоновано постановку і алгоритм рішення задачі синтезу оптимальної стратегії нарощування операційних можливостей системи обслуговування зразків озброєння і військової техніки.

Постановка проблеми. Підтримання необхідного рівня готовності, відновлення у разі необхідності зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) за умов надзвичайного або особливого станів вимагають вирішення задачі створення відповідної системи технічного обслуговування (СТО) цих зразків та раціонального використання її операційних можливостей. Із зростанням обсягів робіт з обслуговування та відновлення ОВТ актуальним стає завдання визначення стратегії нарощування операційних можливостей СТО, враховуючи територіальну розосередженість зразків ОВТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Створення та функціонування СТО ОВТ потребує рішення комплексу задач, які умовно можна розділити на дві групи [1...4]. Перша група – статичні задачі синтезу структури такої системи, розв'язками яких є склад і взаємозв'язки її операційних елементів (ОЕ). Вирішувати ці задачі можливо для певного періоду функціонування системи. Проте на практиці на початковому етапі функціонування системи обслуговування не завжди є потреба у повному використанні всіх її ресурсів, зокрема ОЕ. Реалізація потенційних можливостей системи повинна здійснюватися поступово. За таких умов важливою є друга група задач – вибір оптимальної стратегії нарощування зусиль СТО до рівня потенційних (заданих) можливостей. Адже після вирішення задач синтезу структури СТО вирішуються задачі оптимального варіанта нарощування її операційних можливостей до заданого рівня.

Мета статті – розроблення алгоритму синтезу оптимальної стратегії нарощування операційних можливостей СТО територіально розосереджених зразків ОВТ.

Вклад основного матеріалу. Розглянемо рішення другої групи задач. Визначеною є територіальна розосередженість зразків ОВТ, що вимагають обслуговування (відновлення) (далі – обслуговування). Останнє включає технічне обслуговування, а у разі пошкодження – дефектації та ремонту зразків ОВТ. Обслуговування цих об'єктів здійснюють ОЕ СТО. Для ОЕ задають можливі варіанти нарощування їх операційних можливостей. Під нарощуванням операційних можливостей такого елемента системи розумітимемо розгортання нових каналів обслуговування (КОБ) ОВТ і нарощування операційних можливостей функціонуючих каналів.

Необхідно визначити оптимальну за обраним показником стратегію нарощування операційних можливостей СТО ОВТ.

Розглянемо формалізацію змінних і обмеження задачі.

Систему обслуговування складають $v_j, j = \overline{1, J}$ ОЕ. Кожний v_j -й ОЕ може мати у своєму складі $s_i, i = \overline{1, I}$ каналів обслуговування ОВТ, які можуть бути розгорнуті за заданий інтервал часу $\tau_k, k = \overline{1, K}$.

Кожний КОБ – це сукупність технологічного устаткування (ТУ), необхідного для обслуговування та (або) дефектації що ремонту ОВТ, він характеризується операційними можливостями з виконання зазначених видів робіт. Потенційні можливості КОБ реалізуються за умов його повного розгортання та завантаження плановим обсягом робіт. КОБ може складатися з декількох комплектів ТУ, після розгортання яких він реалізує свій операційний потенціал. Тобто розгортання КОБ здійснюється за етапами, кожний з яких передбачає розгортання одного комплекту ТУ.

Умови розгортання як КОБ, так і ОЕ залежать від динаміки та характеру зростання потреб в обслуговуванні ОВТ, забезпеченості необхідними ресурсами й інших факторів.

Позначимо через c_{imj} витрати на розгортання s_i -го КОБ на q_m -му етапі розгортання в v_j -му ОЕ, 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

$$Z_{ikj} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-й КОБ } v_j\text{-го ОЕ починає розгортатися на } q_k\text{-му етапі;} \\ 0 & \text{– у протилежному випадку.} \end{cases}$$

Тоді сумарний рівень операційних можливостей сукупності КОБ v_j -го ОЕ, що розгортаються на q_k -му етапі, складатиме:

$$W_{kj} = \sum_{s_i=1}^{I_j} \sum_{n_m=1}^k w_{imj} \cdot Z_{i, k-m+1, j}, \quad (1)$$

$$j = \overline{1, J}; \quad k = \overline{1, K}.$$

Витрати на досягнення операційних можливостей W_{kj} v_j -го ОЕ на q_k -му етапі розгортання СТО дорівнюватимуть:

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

$$j = \overline{1, J}; \quad k = \overline{1, K},$$

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

Очевидно, що сумарний рівень операційних можливостей всіх ОЕ системи повинен бути не нижче сумарного приросту рівня потреб в обслуговуванні ОВТ відносно рівня операційних можливостей СТО на початковому періоді функціонування. Таке обмеження можна представити у вигляді:

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

$$k = \overline{1, K},$$

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

Можливі два способи розгортання СТО. Перший полягає в тому, що потреба в розгортанні ОЕ задовольняється за рахунок приросту операційних можливостей у кожному з таких елементів системи. Другий спосіб передбачає компенсацію нестачі ОЕ шляхом перерозподілу обсягів робіт з обслуговування ОВТ між цими елементами. Як показано в [5], реалізація другого способу передбачає рішення задачі розвитку транспортної мережі. Крім того, глобального оптимуму можна досягти лише з використанням другого способу.

Обслуговування ОВТ передбачає певну етапність виконання робіт з їх обслуговування або відновлення. Несправні (непрацездатні) зразки спочатку дефектують, а потім ремонтують [6], що зумовлює певну черговість розгортання каналів обслуговування ОЕ.

Логічні обмеження на черговість розгортання КОБ можна врахувати за допомогою рівнянь:

$$\sum_{\tau_k=1}^K \tau_k (z_{ikj} - z_{tkj}) = q_t - q_i - 1, \quad (4)$$

$$j = \overline{1, J}, \quad (t, i) \in A,$$

де A – множина індексів.

Рівняння (4) означає, що q_t -й етап розгортання s_t -го КОБ починається відразу після закінчення q_i -го етапу розгортання s_i -го КОБ.

Обсяги робіт з обслуговування різних видів (типів) зразків ОБТ можуть істотно відрізнятися. Крім того, початку ремонту зразка ОБТ повинне передувати виконання певного обсягу робіт з його дефектації. Ці особливості обслуговування позначаються на термінах розгортання КОБ.

Обмеження на початок розгортання s_i -го КОБ можна записати в такий спосіб:

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

Тобто обмеження (5) відображають “директиву” розгортання каналу обслуговування – почати розгортати s_i -й КОБ не пізніше q_k -го етапу.

У процесі рішення задачі можна вибирати технологію комплектування таких каналів. Для цього кожному КОБ ставлять у відповідність кінцевий набір припустимих варіантів їх комплектування технологічним устаткуванням $\tau = \overline{\alpha_i, \beta_i}$, а змінну z_{ikj} заміняють на $z_{\tau kj}$, де τ набуває значення $\overline{\alpha_i, \beta_i}$ для всіх $i = \overline{1, I}$ та $j = \overline{1, J}$. Умову вибору не більше ніж одного варіанта комплектування s_i -го КОБ запишемо у вигляді:

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

Запропонована постановка задачі дозволяє проводити оптимізацію та аналіз варіантів нарощування операційних можливостей СТО ОБТ.

Залежно від особливостей задачі, як критерій оптимальності стратегій нарощування операційних можливостей СТО можна використати різні показники оптимальності.

Рішення сформульованої задачі можна представити як пошук такої стратегії розгортання ОЕ, за якої операційні можливості системи $W_{СТО}$ досягатимуть максимуму

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

якщо виконуватимуться обмеження (2)–(6), де величину W_{kj} розраховують за формулою (1).

Якщо динаміка нарощування операційних можливостей системи задана (визначена заданими обсягами робіт з обслуговування ОБТ), то як показник оптимальності стратегії нарощування її операційних можливостей можна використати мінімальну вартість витрат $C_{СТО}$ на досягнення заданого рівня операційних можливостей

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

за умови виконання обмежень (1), (3)...(6), де величину C_{kj} розраховують за формулою (2).

Якщо є певна свобода у виборі рівнів нарощування операційних можливостей СТО, під час рішення задачі можна використати критерій типу максимізації нарощування операційних можливостей ОЕ за розглянутий період їх розгортання $[\tau_A, \tau_B]$ [7]:

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

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

Результатом рішення задач (7)...(9) є значення змінних z_{jk} , які нададуть екстремуму цільовій функції.

У рішенні задачі можна застосувати алгоритм, запропонований у [7]. Для сформульованої задачі цей алгоритм передбачає використання графової формалізації розгортання КОБ в ОЕ та процедури перегляду варіантів рішення, в основу якої покладений метод “гілок і границь”.

Висновок

На основі обраного способу нарощування операційних можливостей СТО розроблений алгоритм рішення задачі синтезу оптимальної стратегії нарощування цих можливостей системи для зразків ОБТ.

Список використаних джерел

1. Цвиркун А. Д. Структура многоуровневых и крупномасштабных систем: Синтез и планирование развития / А. Д. Цвиркун, В. К. Акинфеев. – М. : Наука, 1993. – 157 с.
2. Большие системы: моделирование организационных механизмов / В. Бурков, Б. Данев, А. Еналеев и др.; отв. ред. В. И. Опойцев. – М. : Наука, 1999. – 245 с.
3. Проектирование организационных структур: методы и алгоритмы / Б. М. Герасимов, В. И. Глуцкий, А. А. Рабчук. – К. : БФ “Миротворец”, 2000. – 206 с.
4. Лэсдон Л. С. Оптимизация больших систем. / Л. С. Лэсдон – М. : Наука, 1975. – 432 с.
5. Морозов А. А. Оптимизация планов использования подвижных метрологических лабораторий / А. А. Морозов, А. Б. Чернов // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. НАНУ, ПАНМ. – Вип. 2 (8). – Х., 2000. – С. 30–33.
6. Крещук В. В. Техническое обеспечение эксплуатации сложных изделий. / В. В. Крещук. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 200 с.
7. Цвиркун А. Д. Основы синтеза структуры сложных систем / А. Д. Цвиркун. – М. : Наука, 1982. – 200 с.

Стаття надійшла до редакції 22.10.2010 р.