

УДК 519.87:316.458.6

В.Б. Кононов¹, Ю.І. Шевяков¹, Д.А. Філістєєв²¹ Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків² Озброєння Збройних Сил України, Київ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУ РОЗПОДІЛУ Й ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ РУХУ ВІЇЗНОЇ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ГРУПИ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМУМУ ЗАГАЛЬНОГО ЧАСУ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

В статті запропоновано математичну модель визначення оптимального плану й оптимальних маршрутів руху за критерієм мінімуму загального часу розподілу виїзної метрологічної групи метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки військ (сил).

Ключові слова: озброєння та військова техніка, метрологічне забезпечення, оптимальний план розподілення виїзних метрологічних груп.

Вступ

Постановка задачі. Метрологічне обслуговування зразків озброєння та військової техніки військ (сил) військових частин та підрозділів в місцях їх дислокації силами виїзних метрологічних груп (ВМГ) є одним із основних елементів підтримання необхідного рівня бойової готовності військ (сил). Для підвищення ефективності метрологічного обслуговування, економії витрат на доставку засобів вимірювальної техніки військового призначення (ЗВТВП) до військових метрологічних лабораторій (ВМЛ) організується робота ВМГ безпосередньо на місцях дислокації [1, 2]. При цьому для доставки робочих еталонів та допоміжного обладнання, а також для виконання робіт у польових умовах, використовуються пересувні лабораторії вимірювальної техніки (ПЛВТ).

Планування роботи здійснюється командиром (головним інженером) метрологічних частин відповідно до річного графіку роботи ВМГ, результатів виконання завдань під час попередніх робіт, врахування поточних заявок на матеріальне обслуговування та розпоряджень старших начальників [3, 4]. Існуючі методики визначення складу та виробничих можливостей ВМГ не дозволяють розподілити ВМГ у регіонах для обслуговування ЗВТВП з урахуванням:

– зменшення загального часу обслуговування ЗВТВП у місцях дислокації військових частин та підрозділів;

– зменшення загальної вартості обслуговування ЗВТВП;

– обмежень на часу виконання робіт ВМГ;

– скорочення маршруту обслуговування ЗВТВП стосовно місць дислокації військових частин та підрозділів для кожної ВМГ.

У зв'язку з викладеним актуальною науково-технічною задачею є визначення оптимального плану розподілу ВМГ з урахуванням зменшення загального часу, вартості, фонду робочого часу та орга-

нізації кількості економічних маршрутів обслуговування військових частин та підрозділів на розрахунковий період.

Аналіз літератури. Питання організації виробничої діяльності військових метрологічних лабораторій в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України викладені в [1, 2]. Заходи щодо організації застосування ВМГ у складі пересувних засобів метрологічного обслуговування приведені в [3, 4]. В [5] визначено показники ефективності використання виїзних метрологічних груп (військових метрологічних лабораторій) та розроблена методика прогнозування кількості відновлених пошкоджених засобів вимірювальної техніки військового призначення. В [6] запропоновані співвідношення і показники технічного обслуговування, за допомогою яких здійснюється вибір раціонального складу виїзної метрологічної групи, її технічної оснащеності, кількості та номенклатури засобів вимірювальної техніки військового призначення обмінного фонду (запасів). Але в цих роботи не розглядаються питання оптимального розподілу ВМГ у регіонах для обслуговування ЗВТВП.

Метою статті є визначення оптимального плану розподілу ВМГ й відповідних маршрутів руху у регіоні щодо обслуговування ЗВТВП військових частин та підрозділів за критерієм мінімуму значень часу обслуговування з урахуванням обмежень на сумарну вартість та обсяги робіт відповідно до дислокації військових частин та підрозділів Збройних Сил України.

Виклад основного матеріалу

Для розв'язання поставленої задачі введемо наступні параметри математичної моделі:

(M, N) – транспортна мережа щодо дислокації військових частин та підрозділів;

$M = \{1, 2, \dots, I\}$ – множина вузлів, що відповідають місцям дислокації ВМГ та військових частин

(підрозділів), де вузол за номером 1 відповідає місцю дислокації ВМГ;

N – множина дуг транспортної мережі, які пов'язують між собою вузли;

r_{ij} ; $i = \overline{1, I}$; $j = \overline{1, J}$ – кількість ЗВТВП j -го типу i -ої військової частини (підрозділу) у регіоні, що підлягає метрологічному обслуговуванню (якщо ЗВТВП j -го типу не підлягає метрологічному обслуговуванню, то $r_{ij} = 0$);

t_j ; $j = \overline{1, J}$ – усереднена норма часу на метрологічне обслуговування одного ЗВТВП j -го типу;

c_j ; $j = \overline{1, J}$ – усереднена вартість метрологічного обслуговування одиниці ЗВТВП j -го типу;

c_0 – вартість транспортування ВМГ;

C – виділена сумарна вартість метрологічного обслуговування ЗВТВП усіх військових частин (підрозділів);

K – кількість ВМГ у регіоні;

T_k^Φ ; $k = \overline{1, K}$ – фонд часу щодо метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів) k -ою ВМГ.

Запропонуємо наступну сукупність управлінських параметрів математичної моделі:

$S_k = \{1, i_1^{(k)}, i_2^{(k)}, \dots, i_n^{(k)}, 1\}$ – маршрут метрологічного обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів) у регіоні для k -ою ВМГ (впорядкована множина вузлів транспортної мережі (M, N)), що відповідають місцям дислокації військових частин (підрозділів).

Цільову функцію представимо у вигляді:

$$\max_{\{S_k\}} \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j, \quad (1)$$

де $S_{k_1} \cap S_{k_2} = 1$; $k_1 \neq k_2$ означає, що кожна військова частина (підрозділ) обслуговується однією ВМГ; $\bigcup_{k=1}^K S_k = M$ означає, що кожна військова частина (підрозділ) підлягає обслуговуванню;

$r_{ij} t_j$ – середній час метрологічного обслуговування ЗВТВП j -го типу i -ої військової частини (підрозділу);

$\sum_{j=1}^J r_{ij} t_j$; $i = \overline{2, I}$ – серійний час потрібний на метрологічне обслуговування ЗВТВП i -ої військової частини (підрозділу);

$\sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j$ – середній час потрібний на метрологічне обслуговування ЗВТВП i -ої військової частини (підрозділу) у регіоні

k -ою ВМГ за маршрутом S_k ; $\max_{\{S_k\}} \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j$ –

загальний середній час потрібний на метрологічне обслуговування ЗВТВП i -ої військової частини (підрозділу) у регіоні усіма ВМГ за маршрутами S_1, S_2, \dots, S_k .

Обмеження на виділені сумарні витрати на метрологічне обслуговування приймає вигляд:

$$\sum_{k=1}^K \left[c_0 l(s_k) + \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} c_j \right] \leq C, \quad (2)$$

де $c_0 l(s_k)$; $k = \overline{1, K}$ – транспортні витрати k -ої ВМГ на маршруті, довжина якого дорівнює S_k ; $r_{ij} c_j$; $i = \overline{2, I}$ – вартісні витрати на метрологічне обслуговування ЗВТВП j -го типу i -ої військової частини (підрозділу);

$\sum_{j=1}^J r_{ij} c_j$; $i = \overline{2, I}$ – вартість потрібного метрологічного обслуговування ЗВТВП i -ої військової частини (підрозділу);

$\sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} c_j$ – сумарна вартість потрібного метрологічного обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів) у регіоні k -ою ВМГ на маршруті S_k ;

$c_0 l(s_k) + \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} c_j$ – сумарна вартість транспортних витрат на потрібне метрологічне обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів) у регіоні k -ою ВМГ на маршруті S_k ;

$\sum_{k=1}^K \left[c_0 l(s_k) + \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} c_j \right]$ – сумарна вартість транспортних витрат на потрібне метрологічне обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів) у регіоні усіма ВМГ за маршрутами S_1, S_2, \dots, S_k .

Обмеження на часові обсяги робіт можна записати у вигляді:

$$\sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j \leq T_k^\Phi; \quad k = \overline{1, K}, \quad (3)$$

що відповідає обмеженню на обсяг робіт у часі для кожної ВМГ за розрахунковий період, або у вигляді:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j \leq T_0, \quad (4)$$

що відповідає обмеженню на загальний обсяг робіт у часі для усіх ВМГ за розрахунковий період, де T_0 – загальний фонд часу щодо обслуговування військових частин (підрозділів) для усіх ВМГ.

Таким чином, математична модель визначення оптимального плану розподілу ВМГ й відповідних оптимальних маршрутів руху у регіоні для метрологічного обслуговування ЗВТВП військових частин та підрозділів за критерієм мінімуму загального часу обслуговування з урахуванням обмежень на сумарну вартість та обсяги робіт відповідно до дислокації військових частин та підрозділів Збройних Сил України має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \max_{\{S_k\}} \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j &\rightarrow \min; \\ S_{k_1} \cap S_{k_2} &= \emptyset; \quad k_1 \neq k_2; \quad \bigcup_{k=1}^K S_k = M; \\ \sum_{k=1}^K \left[c_0 l(s_k) + \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} c_j \right] &\leq C; \\ \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j &\leq T_k^{\Phi}; \quad k = \overline{1, K}. \end{aligned} \quad (5)$$

Висновки

1. Планування роботи щодо метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки військ (сил) військових частин та підрозділів силами виїзних метрологічних груп (ВМГ) в місцях їх дислокації здійснюється командиром (головним інженером) метрологічних частин суб'єктивно без урахування оптимального плану розподілу ВМГ й оптимальних маршрутів руху у регіоні щодо обслуговування ЗВТВП військових частин та підрозділів.

2. Існуючі методики визначення складу та виробничих можливостей ВМГ не дозволяють розподілити ВМГ, забезпечив при цьому:

– зменшення загального часу обслуговування ЗВТВП у місцях дислокації військових частин та підрозділів;

– зменшення загальної вартості обслуговування ЗВТВП;

– обмежень на часу виконання робіт ВМГ;

– скорочення маршруту обслуговування ЗВТВП стосовно місць дислокації військових частин та підрозділів для кожної ВМГ.

3. Запропонована математична модель задачі визначення оптимального плану розподілу ВМГ й оптимальних маршрутів руху у регіоні щодо метрологічного обслуговування ЗВТВП військових частин та підрозділів може бути використана при розробці річних та місячних роботи метрологічних частин (підрозділів) Збройних Сил України.

Список літератури

1. Наказ заступника Міністра оборони з озброєння – начальника Озброєння ЗС України “Про затвердження Керівництва з організації та порядку експлуатації вимірювальної техніки у ЗС України” від 1.06.2001 № 79.

2. Наказ начальника Центрального управління метрології і стандартизації “Про затвердження Керівництва з організації виробничої діяльності військових метрологічних лабораторій в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України” від 14.05.2007 № 2.

3. Кузнецов І.Б. Організація метрологічного забезпечення військ (сил). Ч. 1: навч. посіб. / І.Б. Кузнецов, П.М. Яблонський. – К.: НУОУ, 2009. – 356 с.

4. Кузнецов І.Б. Організація застосування пересувних засобів метрологічного обслуговування: навч. посіб. / І.Б. Кузнецов, О.В. Ярошенко. – К.: НУОУ ім. Івана Черняховського, 2013. – 360 с.

5. Кононов В.Б. Методика прогнозування можливостей метрологічних підрозділів з відновлення пошкоджених засобів вимірювальної техніки військового призначення / В.Б. Кононов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2011. – № 8 (85). – С. 231-234.

6. Кононов В.Б. Обґрунтування складу виїзних метрологічних груп та їх можливостей / В.Б. Кононов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2011. – № 4 (81). – С. 87-89.

Надійшла до редколегії 14.08.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Бильчук, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫЕЗДНОЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППЫ И ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ДВИЖЕНИЯ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ОБЩЕГО ВРЕМЕНИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В.Б. Кононов, Ю.И. Шевяков, Д.А. Филистеев

В статье предложена математическая модель задачи определения оптимального плана распределения и оптимальных маршрутов движения выездной метрологической группы по критерию минимума общего времени метрологического обслуживания образцов вооружения и военной техники войск (сил).

Ключевые слова: вооружение и военная техника, метрологическое обеспечение, оптимальный план распределения выездных метрологических групп.

MATHEMATICAL MODEL OF TASK OF DETERMINATION OF OPTIMUM PLAN OF DISTRIBUTING OF DEPARTURE METROLOGICAL GROUP AND OPTIMUM ROUTES OF MOTION ON CRITERION OF A MINIMUM OF GENERAL TIME OF METROLOGICAL SERVICE

V.B. Kononov, Yu.I. Shevyakov, D.A. Filisteev

In the article the mathematical model of task of determination of optimum plan of distributing and optimum routes of motion of departure metrological group is offered on the criterion of a minimum of general time of metrological maintenance of standards of armament and военная техника of troops (forces).

Keywords: armament and military technique metrological providing, optimum plan of distributing of departure metrological groups.