

УДК 519.87:316.458.6

Ю.І. Шевяков

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ УНІВЕРСАЛЬНИХ ВІЇЗНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ГРУП

В статті запропонована математична модель визначення оптимального плану розподілу універсальних виїзних метрологічних груп й відповідних маршрутів їх руху за критерієм мінімуму загального часу на метрологічне обслуговування із урахуванням обмежень на сумарні виділені кошти та витрати часу та згідно розподілу номерів обслуги за видами вимірювань.

Ключові слова: озброєння та військова техніка, метрологічне обслуговування, оптимальний план розподілу виїзних метрологічних груп, оптимальні маршрути руху.

Вступ

Постановка задачі. Задачі планування розподілу універсальних виїзних метрологічних груп (ВМГ) подібні відповідним задачам, що виникають при плануванні робіт спеціалізованих ВМГ [1, 2]. Універсальні метрологічні обслуговування здійснюють перевірку радіовимірювальних (РВП), електровимірювальних (ЕВП 1, ЕВП 2), тепломеханічних (ТМП), спеціальних приладів зв'язку та приладів медичного призначення тощо [1, 2]. Існуючі методи планування робіт таких ВМГ у повній мірі не враховують оптимізацію загального часу метрологічного обслуговування різнорідних засобів вимірювальної техніки (ЗВТВП) у місцях дислокації військових частин (підрозділів), загальної вартості метрологічного обслуговування ЗВТВП, календарного фонду робочого часу, маршрутів руху ВМГ. Зменшення витрат загального часу метрологічного обслуговування з урахуванням як часу на безпосереднє метрологічне обслуговування різнорідних засобів вимірювальної техніки (ЗВТВП), так і витрат часу на рух пересувних лабораторій вимірювальної техніки (ПЛВТ) є важливою задачею. Тому визначення оптимального плану розподілу універсальних ВМГ і відповідних оптимальних маршрутів їх пересування до місць дислокації військових частин та підрозділів є актуальним науково-технічним завданням.

Аналіз літератури. Питання застосування ПЛВТ у складі ВМГ викладені в [3, 4]. В статті [5] запропонована математична модель задачі визначення оптимального плану розподілу й оптимальних маршрутів руху ВМГ за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування. В статтях [6, 7] запропоновані методи визначення оптимального плану розподілу й оптимальних маршрутів руху ВМГ за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування. Узагальнена модель визначення оптимального плану розподілу й маршрутів руху виїзних метрологічних груп обґрунтована у роботі [8].

Разом з тим, ці роботи слід відкоригувати, враховуючи, що:

– цільова функція в запропонованих моделях і методах [5 – 7] містить тільки витрати на метрологічне обслуговування військових частин усіма ВМГ, але не містить витрати часу на їх пересування;

– критерій ефективності в запропонованих моделях [5 – 8] можна розуміти таким чином, що військова частина, яка відповідає вузлу дислокації 1, буде обслуговуватись двічі;

– у запропонованих моделях слід ввести кількість номерів обслуги ВМГ за видом ЗВТВП, що розглядається [5 – 7].

Метою статті є обґрунтування математичної моделі оптимального планування розподілу універсальних ВМГ й відповідних маршрутів їх руху за критерієм мінімуму загального часу на метрологічне обслуговування різнорідних ЗВТВП у військових частинах (підрозділах) і на пересування ВМГ в умовах обмеження щодо фінансових і часових ресурсів та згідно розподілу номерів обслуги за видами вимірювань.

Основний матеріал

При розробці математичної моделі задачі планування роботи універсальних ВМГ доцільно використати модель, запропоновану в [9], враховуючи при цьому наступні зміни:

$$T_{\text{мон}} = \max_{1 \leq k \leq K} \sum_{i \in S_k} \left[\max_{1 \leq m \leq M_0} \left(\frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right) + \frac{1}{V} l(S_k) \right] \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$S_{k_1} \cap S_{k_2} = \emptyset; \quad k_1 \neq k_2; \quad \bigcup_{k=1}^K S_k = M; \quad (2)$$

$$\bigcup_{m=1}^{M_0} J_m = J; \quad J_{m_1} \cap J_{m_2} = \emptyset; \quad m_1 \neq m_2; \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^K \left[c_0 l(S_k) + \sum_{i \in S_k} \sum_{j \in J} r_{ij} c_j \right] \leq C; \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} \sum_{j \in J} r_{ij} t_j \leq T_0. \quad (5)$$

Модель (1) – (5) потребує:

– уточнення щодо вибору управлінських змінних, а саме:

$S_k = [j_{1k}, j_{2k}, \dots, j_{n_kk}]$, $k = \overline{1, K}$ – множина військових частин (підрозділів) у регіоні, які підлягають метрологічному обслуговуванню k -ю ВМГ;

$P_k = [1, i_{1k}, i_{2k}, \dots, i_{n_kk}, 1]$, $k = \overline{1, K}$ замкнений маршрут метрологічного обслуговування ЗВТВП військових (підрозділів) у регіоні для k -ї ВМГ, котрий починається та закінчується у вузлі 1 й проходить через усі вузли множини S_k тільки один раз;

– уточнення щодо співвідношень:

$$S_{k_1} \cap S_{k_2} = \emptyset; k_1 \neq k_2; \bigcup_{k=1}^K S_k = M_1 \subseteq M.$$

Наведемо обґрунтування математичної моделі визначення оптимального розподілу ВМГ й відповідних маршрутів їх руху за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування ОВТ із урахуванням обмежень на сумарні виділені кошти та термін обслуговування в умовах проведення різнорідних видів метрологічного обслуговування.

Так як величина $\sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j$ визначає кількість людино-годин, що необхідна метрологічного обслуговування ЗВТВП m -го виду, а величина $\frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j$ визначає відповідну кількість годин метрологічного обслуговування ЗВТВП m -го виду кількістю номерів обслуги b_m , то величина

$$\max_{1 \leq m \leq M_0} \frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j$$

визначає час метрологічного обслуговування усіх видів ЗВТВП для i -ї військової частини (підрозділу), а

$$c_1 \max_{1 \leq m \leq M_0} \frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j$$

– відповідні вартісні витрати.

Співвідношення

$$\bigcup_{m=1}^{M_0} J_m = J; J_{m_1} \cap J_{m_2} = \emptyset; m_1 \neq m_2$$

означає, що усі типи ЗВТВП охоплені метрологічним обслуговуванням, та кожний вид ЗВТВП обслуговується тільки одним, відповідним номером обслуги.

Таким чином, час метрологічного обслуговування для множини S_k військових частин (підрозділів) k -ю ВМГ без урахування часу пересування дорівнює:

$$T_{MO}^k = \sum_{i \in S_k} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left(\frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right),$$

а час на метрологічне обслуговування ЗВТВП і пересування k -ї ВМГ за маршрутом P_k у регіоні відповідно:

$$T_k = \sum_{i \in S_k} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left(\frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right) + \frac{1}{V} l(P_k).$$

Цільова функція – час на МО ЗВТВП усіма ВМГ і на їх пересування у регіоні, становить

$$T_{MOП} = \max_{1 \leq k \leq K} \left[\sum_{i \in S_k} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left(\frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right) + \frac{1}{V} l(P_k) \right].$$

Враховуючи співвідношення (4) – (5) для випадку різнорідних ЗВТВП, математична модель (1) – (5) узагальнюється таким чином:

$$T_{MOП} = \max_{1 \leq k \leq K} \left[\sum_{i \in S_k} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left(\frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right) + \frac{1}{V} l(P_k) \right] \rightarrow \min_{\{S_k, \{P_k\}\}}; \quad (6)$$

$$S_{k_1} \cap S_{k_2} = \emptyset; k_1 \neq k_2; \quad (7)$$

$$\bigcup_{k=1}^K S_k = M_1 \subseteq M; \quad (8)$$

$$\bigcup_{m=1}^{M_0} J_m = J; J_{m_1} \cap J_{m_2} = \emptyset; m_1 \neq m_2; \quad (9)$$

$$\sum_{k=1}^K \left[c_0 l(P_k) + \sum_{i \in S_k} \sum_{j \in J} r_{ij} c_j \right] \leq C; \quad (10)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left(\frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right) \leq T_0. \quad (11)$$

Рішення задачі (6) – (11) дає змогу знайти

$$S_k^* = [j_{1k}^*, j_{2k}^*, \dots, j_{n_kk}^*]; k = \overline{1, K} \quad (12)$$

– оптимальну підмножину військових частин (підрозділів) у регіоні, які підлягають метрологічному обслуговуванню k -ю ВМГ;

$$P_k^* = [1, i_{1k}^*, i_{2k}^*, \dots, i_{n_kk}^*, 1]; k = \overline{1, K} \quad (13)$$

– оптимальний замкнений маршрут метрологічного обслуговування ЗВТВП військових (підрозділів) у регіоні для k -ї ВМГ;

$$T_{MOП}^* = \max_{1 \leq k \leq K} \left[\sum_{i \in S_k^*} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left(\frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right) + \frac{1}{V} l(P_k^*) \right] \quad (14)$$

– мінімальний час на метрологічне обслуговування ЗВТВП усіма ВМГ і їх пересування у регіоні.

Отримане рішення дозволяє визначити наступні часткові показники ефективності планування:

$$T_{MO}^* = \max_{1 \leq k \leq K} \sum_{i \in S_k^*} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left(\frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right) \quad (15)$$

– мінімальний час на метрологічне обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів) у регіоні усіма ВМГ;

$$T_k^* = \sum_{i \in S_k^*} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left(\frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right) + \frac{1}{V} l(P_k^*); k = \overline{1, K} \quad (16)$$

– час на метрологічне обслуговування ЗВТВП k -ю ВМГ та на її пересування у регіоні;

$$t_k^* = \frac{1}{V} l(P_k^*); k = \overline{1, K} \quad (17)$$

– час пересування k -ої ВМГ за оптимальним маршрутом P_k^* ;

$$T_k^{\text{зар}} = T_k^* + (t_{\text{розг}} + t_{\text{згор}} + t_{\text{сер}}) \cdot |S_k^*|; \quad k = \overline{1, K} \quad (18)$$

– загальний час метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів) у регіоні k -ю ВМГ;

$$T_{\text{зар}}^* = \max_{1 \leq k \leq K} T_k^{\text{зар}} \quad (19)$$

– загальний час метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів) у регіоні;

$$C_k^* = c_0 l(P_k^*) + \sum_{i \in S_k^*} \sum_{j \in J} r_{ij} c_j; \quad k = \overline{1, K} \quad (20)$$

– загальні вартісні витрати на метрологічне обслуговування ЗВТВП k -ю ВМГ та на її пересування;

$$C_{\text{зар}}^* = \sum_{k=1}^K C_k^* \quad (21)$$

– загальні вартісні витрати на метрологічне обслуговування ЗВТВП і пересування усіх ВМГ;

$$T_{\Sigma}^* = \sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k^*} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left(\frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right) \quad (22)$$

– сумарні часові витрати на метрологічне обслуговування ЗВТВП для оптимального розподілу ВМГ.

Висновки

1. В статті запропонована математична модель задачі визначення оптимального плану розподілу універсальних ВМГ й відповідних маршрутів руху в умовах проведення метрологічного обслуговування різнорідних ЗВТВП за критерієм мінімуму загального часу на метрологічне обслуговування ЗВТВП і на пересування ВМГ із урахуванням обмежень на сумарні виділені кошти та згідно розподілу номерів обслуги за видами вимірювань.

2. Запропонована математична модель дозволяє здійснювати планування робіт універсальних ВМГ метрологічних частин ЗСУ.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ВЫЕЗДНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП

Ю.И. Шевяков

В статье предложена математическая модель определения оптимального плана распределения универсальных выездных метрологических групп и соответствующих маршрутов их движения по критерию минимума общего времени для метрологического обслуживания с учетом ограничений на суммарные выделенные средства и затраты времени и в соответствии с распределением номеров расчета за видами измерений.

Ключевые слова: вооружение и военная техника, метрологическое обслуживание, оптимальный план распределения выездных метрологических групп, оптимальные маршруты движения.

MATHEMATICAL MODEL OF PLANNING OF WORK UNIVERSAL DEPARTURE METROLOGICAL GROUPS

Yu.I. Shevyakov

In the article the mathematical model of determination of optimum plan of distributing of universal departure metrological groups and proper routes of their motion is offered on the criterion of a minimum of general time for metrologического service taking into account limits on the total selected facilities and expenses of time and in accordance with distributing of numbers of calculation after the types of measurements.

Keywords: armament and military technique, metrological service, optimum plan of distributing of departure metrological groups, optimum routes of motion.

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. Математична модель задачі визначення оптимального плану розподілу й оптимальних маршрутів руху виїзної метрологічної групи за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування / В.Б. Кононов, Ю.І. Шевяков, Д.А. Філістєєв // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип № 3(19). – С. 111-113.

6. Метод визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп при метрологічному обслуговуванні військових частин та підрозділів / В.Б. Кононов, Ю.І. Шевяков, Д.А. Філістєєв, В.В. Бурцева // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2014. – С. 35-41.

7. Метод визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп в умовах обмеження витрат на метрологічне обслуговування / В.Б. Кононов, Ю.І. Шевяков, Д.А. Філістєєв, В.В. Бурцева // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 4(17). – С. 104-111.

8. Філістєєв Д.А. Визначення мінімальної вартості метрологічного обслуговування й транспортних витрат виїзних метрологічних груп / Д.А. Філістєєв // Системи озброєння і військова техніка: наук. ж. – Х.: ХУПС, 2015. – № 1(41). – С. 135-140.

Надійшла до редколегії 14.06.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.