

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ КІЛЬКОСТІ, ПЛАНУ РОЗПОДІЛУ Й МАРШРУТІВ РУХУ ВІЇЗНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ГРУП

Метрологічне обслуговування засобів вимірювальної техніки військового призначення (ЗВТВП) здійснюється за допомогою еталонних приладів, які розташовані на пересувних лабораторіях вимірювальної техніки, на яких здійснюється метрологічне обслуговування ЗВТВП силами виїзних метрологічних груп (ВМГ). Для якісного та своєчасного метрологічного обслуговування ЗВТВП виникає необхідність у визначенні оптимальної кількості ВМГ. Іноді директивний термін виконання метрологічного обслуговування суттєво зменшується відповідно до існуючих у даний час обставин. Тому для вирішення поставленої задачі з метрологічного обслуговування за місцями розташування ЗВТВП виникає необхідність нарощування кількості ВМГ, що істотно збільшує вартість. До директивного терміну виконання робіт метрологічного обслуговування входить час пересування виїзних метрологічних груп (ВМГ) до місць проведення метрологічного обслуговування, що потребує окрім визначення оптимальної кількості ВМГ ще й оптимального плану розподілу та маршрутів руху ВМГ. Усе це потребує вирішення важливого науково-технічного завдання, пов'язаного з розробленням спеціального математичного забезпечення для планування управління метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки військового призначення (ЗВТВП), актуальність якого підтверджується необхідністю постійного підтримання військової техніки у готовності до використання за призначенням.

Застосування ВМГ у складі пересувних засобів метрологічного обслуговування викладено в [1,2], де подано вимоги керівних документів і теоретичні відомості з метрологічного обслуговування військової техніки. Методику прогнозування кількості відновлених пошкоджених засобів вимірювальної техніки військового призначення та методи підвищення ефективності використання виїзних метрологічних груп визначено в [3]. Визначення раціонального складу виїзної метрологічної групи, її технічної оснащеності, кількості та номенклатури засобів вимірювальної техніки військового призначення, обмінного фонду (запасів) визначені в [4]. У статті [5] запропоновано математичну модель визначення оптимального плану й оптимальних маршрутів руху виїзної метрологічної групи, що здійснює метрологічне обслуговування військової техніки за критерієм мінімуму загального часу розподілу. У [6] подано відомості про методи оптимізації. У відомій літературі не наводяться матеріали щодо вирішення задач метрологічного обслуговування військової техніки в умовах, коли директивний термін виконання метрологічного обслуговування суттє-

во зменшується відповідно до існуючих у даний час обставин. Крім того, відомі оптимізаційні методи [6] є недостатніми для вирішення актуальних завдань метрологічного обслуговування військової техніки.

Метою статті є визначення оптимальної кількості ВМГ для випадку оптимального розподілу й оптимальних маршрутів пересування ВМГ за умови обмежень на сумарні витрати на створення ВМГ для проведення метрологічного обслуговування, обмежень на обсяги метрологічного обслуговування й на директивний термін здійснення метрологічного обслуговування.

Розглянемо математичну модель задачі визначення оптимального плану розподілу ВМГ й оптимальних маршрутів руху у регіоні щодо метрологічного обслуговування ЗВТВП за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування ЗВТВП, які запропоновано в статті [5]:

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

$$S_{k_1} \cap S_{k_2} = \emptyset; \quad k_1 \neq k_2; \quad (2)$$

$$\bigcup_{k=1}^K S_k \subseteq M; \quad (3)$$

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

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

де (M, N) – транспортна мережа щодо дислокації військових частин та підрозділів; $M = \{1, 2, \dots, I\}$ – множина вузлів, що відповідають місцям розташування ВМГ і місць розташування ЗВТВП, де вузол за номером 1 відповідає місцю розташування 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 -го місця розташування, 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 – тариф транспортування ВМГ; C – виділена сумарна вартість метрологічного обслуговування ЗВТВП

за усіма місцями розташування; K – кількість ВМГ; T_0 ; $k = \overline{1, K}$ – загальний фонд часу щодо метрологічного обслуговування за місцями розташування ЗВТВП k -ю ВМГ; $S_k = [1, i_{1k}, i_{2k}, \dots, i_{n_k k}, 1]$ – замкнений маршрут метрологічного обслуговування ЗВТВП за місцями розташування ЗВТВП для k -ї ВМГ, котрий починається та закінчується в вузлі 1 й проходить крізь усі вузли місць розташування ЗВТВП тільки один раз; $\tau(S_k) = \tau_{1, i_{1k}} + \tau_{i_{1k}, i_{2k}} + \dots + \tau_{i_{n_k k}, 1}$; $k = \overline{1, K}$ – довжина (час пересування) за маршрутом S_k для k -ї ВМГ; τ_{in} ; $i = \overline{1, I}$; $n = \overline{1, I}$ – час руху ВМГ із i -ї військової частини (підрозділу) у регіоні до n -ї;

Цільова функція в співвідношенні (1) визначає, час метрологічного обслуговування за місцями розташування ЗВТВП усіма ВМГ за маршрутом S_k ; $k = \overline{1, K}$.

Співвідношення (2) означає, що місце розташування ЗВТВП підлягає метрологічному обслуговуванню однією ВМГ.

Співвідношення (3) означає, що метрологічному обслуговуванню підлягають усі ЗВТВП за місцями розташування або їх підмножина.

Співвідношення (4) є обмеженням на сумарні вартісні витрати на метрологічне обслуговування за місцями розташування ЗВТВП.

Співвідношення (5) означає обмеження на загальний обсяг метрологічного обслуговування у часі для усіх ВМГ.

За результатами розв'язання задачі (1) – (5) знаходять час на метрологічне обслуговування. Іноді він суттєво зменшується відповідно до існуючих у даний час обставин:

$$T_3^* > T_0, \quad (6)$$

де T_3^* – оптимальне значення цільової функції задачі (1) – (5); T_0 – директивний термін здійснення метрологічного обслуговування.

Уведення обмеження (4) ускладнює розв'язання задачі визначення оптимальної кількості ВМГ для випадку оптимального розподілу й оптимальних маршрутів пересування ВМГ за умови обмежень на сумарні витрати на створення ВМГ для проведення метрологічного обслуговування, обмежень на обсяги метрологічного обслуговування і потребує її формалізації.

Математична модель цієї задачі має наступний вигляд:

$$K_H \rightarrow \min; \quad (7)$$

$$S_{k_1} \cap S_{k_2} = 1; \quad k_1 \neq k_2; \quad (8)$$

$$\bigcup_{k=1}^{K+K_H} S_k \subseteq M; \quad (9)$$

$$\sum_{k=1}^{K+K_H} \left[c_0 \tau(S_k) + \sum_{i \in S_k} r_{ij} c_j \right] + d_0 \leq C; \quad (10)$$

$$\max_{\{S_k\}} \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j \leq T_0; \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^{K+K_H} \sum_{i \in S_k} r_{ij} t_j \leq T_0; \quad (12)$$

$$K_H = [K_H] \geq 0, \quad (13)$$

де K_H – нарощувана кількість ВМГ; d_0 – вартість створення однієї ВМГ.

Цільова функція у співвідношенні (7) визначає, що кількість нарощуваних ВМГ для метрологічного обслуговування за місцями розташування ЗВТВП за розрахунковий термін, що пропонується, має бути обмежена.

Співвідношення (8), (9) і (12) аналогічні співвідношенням (2), (3) та (5) математичної моделі (1) – (5), вони розрізняються кількістю ВМГ ($K + K_H$ замість K);

Співвідношення (10) є обмеженням на сумарні вартісні витрати на метрологічне обслуговування за місцями розташування ЗВТВП (що складаються із витрат саме на метрологічне обслуговування ЗВТВП, транспортування ВМГ й створення додаткових ВМГ) за розрахунковий термін.

Співвідношення (11) є обмеженням на час метрологічного обслуговування ЗВТВП за місцями розташування за розрахунковий термін.

Співвідношення (13) означає обмеження на цільочисельність та невід'ємність кількості додаткових ВМГ.

Висновки

1. У теперішній час планування роботи щодо метрологічного обслуговування військової техніки силами виїзних метрологічних груп (ВМГ) в місцях їх розташування здійснюється керівництвом метрологічних підрозділів без урахування оптимізації розподілу ВМГ й без врахування оптимальних маршрутів руху у регіоні щодо обслуговування ЗВТВП за місцем розташування та не враховує можливість того, що директивний термін виконання метрологічного обслуговування суттєво менше часу метрологічного обслуговування у звичайних умовах.

2. У статті запропоновано математичну модель задачі визначення оптимальної кількості ВМГ для випадку оптимального розподілу й оптимальних маршрутів пересування ВМГ за умови обмежень на сумарні витрати на створення ВМГ для проведення метрологічного обслуговування, обмежень на обсяги метрологічного обслуговування й на директивний термін здійснення метрологічного обслуговування.

Список використаних джерел

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

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

3. Кононов, В.Б. Методика прогнозування можливостей метрологічних підрозділів з відновлення пошкоджених засобів вимірювальної техніки військового призначення [Текст] / В.Б. Кононов // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2011. – № 8(85). – С. 231 – 234.

4. Кононов, В.Б. Обґрунтування складу виїзних метрологічних груп та їх можливостей [Текст] / В.Б. Кононов // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2011. – № 4 (81). – С.87 – 89.

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 [Текст] / В.Б. Кононов, Ю.І. Шевяков, Д.А. Філістєєв // Системи обробки інформації. – Вип № 3(19). – Х.: ХУПС. – 2014– С. 111 – 113.

6. Моисеев, М.К. Методы оптимизации [Текст] / М.К. Моисеев, Ш.П. Иванилов, Е.М. Столярова. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

Поступила в редакцию 22.10.2014.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов,
Харьковский университет Воздушных Сил
им. И.Кожедуба, г. Харьков.*