

УДК 519.87:316.458.6

Д.А. Філістєєв

*Центральне управління метрології і стандартизації Збройних Сил України
Озброєння Збройних Сил України, Київ*

ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОЇ ВАРТОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ Й ТРАНСПОРТНИХ ВИТРАТ ВИЇЗНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ГРУП

В статті запропоновано математичну модель і метод визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму вартості метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки й транспортних витрат.

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

Вступ

Постановка задачі. Одним із основних елементів підтримання військових частин та підрозділів у постійній бойовій готовності є організація виробничої діяльності військових метрологічних лабораторій в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України [1], яка здійснюється відповідно до плану-завдання, що затверджується командиром (головним інженером) метрологічної бази (центру) на підставі річного графіка робіт виїзних метрологічних груп (ВМГ) [2], у відповідності до якого здійснюється метрологічне обслуговування озброєння та військової техніки частин та підрозділів військ (сил). Основою плану-завдання проведення метрологічного обслуговування є план розподілу ВМГ, маршрути їх руху, кошти, які є в наявності та терміни виконання робіт [2] – [4]. Визначення шляхів зменшення витрат на метрологічне обслуговування є важливим науково-технічним завданням, актуальність якого підтверджується обмеженням фінансування потреб Збройних Сил України.

Аналіз літератури. Вимоги керівних документів з організації виробничої діяльності військових метрологічних лабораторій в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України викладені в [1, 2]. Теоретичні відомості з метрологічного обслуговування військ (сил) силами ВМГ у складі пересувних засобів метрологічного обслуговування викладені в [3, 4]. Математична модель визначення оптимального плану й оптимальних маршрутів руху ВМГ щодо метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки військ (сил) за критерієм мінімуму загального часу розподілу запропонована в статті [5]. В статті [6] запропоновано метод визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму загального ча-

су метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки, такий що використовується для випадку, при якому кожна військова частина (підрозділ) підлягає метрологічному обслуговуванню ЗВТВП у повному обсязі, відповідно до обсягів замовлення при умові достатності фінансових коштів. В статті [7] запропоновано метод визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки в умовах обмеження сумарних коштів на метрологічне обслуговування військових частин та підрозділів й транспортних витрат. Запропоновані в статтях [5] – [7] математичні моделі не дозволяють визначити оптимальний план розподілу й відповідні оптимальні маршрути руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму вартості метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки й транспортних витрат. Відомі методи оптимізації й практичні рекомендації щодо розв'язання оптимізаційних задач в середовищі Excel наведені в літературі [8] та [9], але для вирішення решти актуальних завдань метрологічного обслуговування військ (сил) цього недостатньо.

Метою статті є розробка математичної моделі та методу визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму вартості метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки й транспортних витрат.

Основний матеріал

Розглянемо математичну модель визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму вартості метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки й транспортних витрат:

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

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

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

$$\tau(S_k) = \sum_{i, h \in S_k} \tau_{ih}; \quad (i, h) \in N; \quad (4)$$

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

де (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 -ї 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 – тариф на транспортні витрати ВМГ;

K – кількість ВМГ у регіоні;

$S_k = [1, i_{1k}, i_{2k}, \dots, i_{n_k k}, 1]$ – замкнений маршрут метрологічного обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів) у регіоні для k -ї ВМГ, котрий починається та закінчується в вузлі 1 й проходить скрізь усі вузли дислокації військових частин (підрозділів) тільки один раз (гамільтоновий контур [6], [7]);

$\tau(S_k); k = \overline{1, K}$ – довжина (час пересування) за маршрутом S_k для k -ї ВМГ;

$\tau_{ih}; i = \overline{1, I}; h = \overline{1, I}$ – час руху ВМГ із i -ї військової частини (підрозділу) до h -ї;

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

Цільова функція (1) математичної моделі (1) – (4) представляє собою сумарну вартість потрібного метрологічного обслуговування ЗВТВП військових

частих (підрозділів) у регіоні усіма ВМГ за маршрутами $S_k; k = \overline{1, K}$.

Обмеження (2) означає, що військова частина (підрозділ) підлягає метрологічному обслуговуванню однією ВМГ.

Обмеження (3) означає, що не кожна військова частина (підрозділ) підлягає метрологічному обслуговуванню (у випадку, якщо бракує часу на його проведення).

Співвідношення (4) визначає час пересування k -ї ВМГ за маршрутом S_k .

Співвідношення (5) відповідає обмеженню на обсяг робіт у часі для кожної ВМГ.

Для розв'язання задачі (1) – (5) пропонується розглядати її як двохетапну задачу. На першому етапі вирішується задача визначення максимальної кількості військових частин (підрозділів), де необхідно здійснити метрологічне обслуговування ЗВТВП відповідно до обмеження на обсяги робіт ВМГ в часі:

$$|N| \rightarrow \max;$$

$$N = \bigcup_{k=1}^K I_k;$$

$$I_{k_1} \cap I_{k_2} = \emptyset; \quad k_1 \neq k_2; \quad (6)$$

$$N \subseteq \{2, 3, \dots, I\};$$

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

де $I_k = \{i_{1k}, i_{2k}, \dots, i_{n_k k}\}$ є множина вузів (пунктів, місць) дислокації військових частин та підрозділів на транспортній мережі (M, N) , що підлягають метрологічному обслуговуванню ЗВТВП k -ю ВМГ;

$|N|$ – кількість військових частин (підрозділів) які підлягають метрологічному обслуговуванню;

$\sum_{i \in I_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j$ – час метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів) k -ю ВМГ.

На другому етапі для кожної ВМГ, щодо визначеної при розв'язанні задачі (6), множини вузлів дислокації військових частин (підрозділів) I_k^* вирішуються задача пошуку найкоротшого за часом замкненого шляху S_k , котрий починається та закінчується в вузлі 1 й проходить скрізь усі вузли дислокації військових частин (підрозділів) тільки один раз:

$$\tau(S_k) = \sum_{i, h \in S_k} \tau_{ih} \rightarrow \min; \quad (7)$$

$$S_k = [1, i_{1k}, i_{2k}, \dots, i_{n_k k}, 1] \in L(I_k^*), \quad k = \overline{1, K}.$$

де $L(I_k^*)$ – множина усіх S_k (гамільтонових контурів [7]) для вузлів із множини I_k^* .

Перетворимо задачу (6) у задачу цілочисельно-програмування

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=2}^I x_{ki} \rightarrow \max; \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^K x_{ki} \leq 1; \quad i = \overline{2, I}; \quad (9)$$

$$\sum_{i=2}^I x_{ki} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j \leq T_k^*; \quad (10)$$

$$x_{ki} \in \{0, 1\}; \quad k = \overline{1, K}; \quad i = \overline{2, I}, \quad (11)$$

де $x_{ki} = 1$, якщо k -та ВМГ здійснює метрологічне обслуговування ЗВТВП i -ї військової частини (підрозділу) та $x_{ki} = 0$, якщо k -та ВМГ не здійснює метрологічне обслуговування ЗВТВП i -ї військової частини (підрозділу);

цільова функція (8) відповідає цільовій функції задачі (6);

обмеження (9) означає, що у кожній військової частини (підрозділу) здійснюється метрологічне обслуговування ЗВТВП не більш ніж однією ВМГ;

співвідношення (10) обмежує обсяги робіт у часі для ВМГ.

Оптимальне рішення задачі (8) – (11) має наступний вигляд:

$$X^* = \|x_{ki}^*\|_{K, I-1} - \text{оптимальний розподіл виїзних}$$

метрологічних груп (оптимальна матриця призначень) щодо метрологічного обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів) у регіоні за критерієм (8);

$$T_k^* = \sum_{i \in N^*} x_{ki}^* \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j; \quad k = \overline{1, K} - \text{фонд часу метрологічного обслуговування ЗВТВП відповідних}$$

військових частин (підрозділів) у регіоні, що обслуговуються k -ю ВМГ за оптимальним планом розподілу X^* ;

$I_k^* = \{i_{1k}^*, i_{2k}^*, \dots, i_{n_k k}^*\}; \quad k = \overline{1, K} - \text{множина військових частин (підрозділів), що обслуговуються } k\text{-ю ВМГ, де } x_{ki}^* = 1, \text{ якщо } i \in I_k^*, \text{ та } x_{ki}^* = 0, \text{ якщо } i \notin I_k^*;$

$$C_{MO}^* = \sum_{i=2}^I x_{ki}^* \sum_{j=1}^J r_{ij} c_j - \text{сумарна вартість метрологічного обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів).}$$

На другому етапі вирішується задача (7) за методом гілок та границь для кожної ВМГ й відповідної множини I_k^* ; $k = \overline{1, K}$.

Оптимальне рішення задачі (7) має наступний вигляд:

S_k^* ; $k = \overline{1, K} - \text{оптимальний замкнений маршрут ВМГ для визначеного оптимального плану щодо } k\text{-ї розподілу } X^*;$

$\tau_k^* = \tau(S_k^*); \quad k = \overline{1, K} - \text{мінімальний час пересування для } k\text{-ї ВМГ для метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів) із множини } I_k^*;$

$C_{TB}^* = c_0 \sum_{k=1}^K \tau_k^*; \quad k = \overline{1, K} - \text{мінімальні сумарні вартісні транспортні витрати ВМГ.}$

Зауваження 1. Оптимальне рішення задачі (8) – (11) може бути не єдиною, тобто може існувати інше рішення (матриця призначень) $X^{**} = \|x_{ki}^{**}\|_{K, I-1}$, на якій також досягається максимум цільової функції (8) із іншою множиною $\{I_k^{**}\}; k = \overline{1, K}$. Відтоді для цієї множини можна визначити інші оптимальні маршрути $S_k^{**}; k = \overline{1, K}$ в задачі (7) такі, що:

$$\sum_{k=1}^K \tau(S_k^{**}) < \sum_{k=1}^K \tau(S_k^*).$$

Зауваження 2. Можливо існування неоптимального рішення (матриці призначень) $X' = \|x_{ki}'\|_{K, I-1}$ задачі (8) – (11), для якої існують наступні оптимізаційні маршрути руху $S_k'; k = \overline{1, K}$ в задачі (7), що

$$\sum_{k=1}^K \tau(S_k') < \sum_{k=1}^K \tau(S_k^*).$$

Таким чином, отримані рішення $X^*, I_k^*; k = \overline{1, K}, T_k^*; k = \overline{1, K}, C_{TB}^*$, задачі (8) – (11), а також оптимальне рішення $S_k^*; k = \overline{1, K}, \tau_k^*; k = \overline{1, K}, C_{TB}^*$ задачі (7) є квазіоптимальні щодо задачі (1) – (5), так як сумарні вартісні витрати

$$C(S_1^*, S_2^*, \dots, S_k^*) = \sum_{k=1}^K \left[c_0 \tau_k^* + \sum_{i \in S_k^*} \sum_{j=1}^J r_{ij} c_j \right] = \sum_{k=1}^K \left[c_0 I_k^* + \sum_{i=2}^I x_{ki}^* \sum_{j=1}^J r_{ij} c_j \right].$$

визначаються в основному витратами C_{MO}^* на метрологічне обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів) у регіоні:

$$C_{MO}^* = \sum_{k=1}^K \sum_{i=2}^I x_{ki}^* \sum_{j=1}^J r_{ij} c_j.$$

Загальна вартість на метрологічне обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів) у регіоні дорівнює $C_3^* = C_{MO}^* + C_{TB}^*$, а

$$T_3^* = \max_{1 \leq k \leq K} \{T_k^* + \tau_k^*\}.$$

Процедура розв'язання задачі (8) – (11), (7) має наступний вигляд.

Етап 1. Визначення параметрів d_i :

$$d_i = \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j; \quad i = \overline{2, I}.$$

Етап 2. Розв'язання задачі лінійного цілочисельного програмування (ЛЦП) (8) – (11):

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=2}^I x_{ki} \rightarrow \max;$$

$$\sum_{k=1}^K x_{ki} \leq 1; \quad i = \overline{2, I};$$

$$\sum_{i=1}^I d_i x_{ki} \leq T_k^{\Phi}; \quad k = \overline{1, K};$$

$$x_{ki} \in \{0, 1\}; \quad k = \overline{1, K}; \quad i = \overline{2, I}.$$

Етап 3. Формування рішення задачі (8) – (11):

$$X^* = \|x_{ki}^*\|_{K, I-1};$$

$$T_k^* = \sum_{i=2}^I d_i x_{ki}^*; \quad k = \overline{1, K};$$

$$I_k^* = \{i_{1k}, i_{2k}, \dots, i_{n_k}\}; \quad C_{MO}^* = \sum_{i=2}^I x_{ki}^* \sum_{j=1}^J r_{ij} c_j.$$

Етап 4. Розв'язання задачі пошуку гамільтонового контуру для кожної ВМГ (7):

$$\tau(S_k) = \sum_{i, h \in S_k} \tau_{ih} \rightarrow \min;$$

$$S_k = [1, i_{1k}, i_{2k}, \dots, i_{n_k}, 1] \in L(P_k^*);$$

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

Етап 5. Формування рішення задачі (7):

$$S_k^* = [1, i_{1k}^*, i_{2k}^*, \dots, i_{n_k}^*, 1]; \quad k = \overline{1, K};$$

$$\tau_k^* = \tau(S_k^*) = \sum_{i, h \in S_k} \tau_{ih}; \quad k = \overline{1, K};$$

$$C_{TB}^* = c_0 \sum_{k=1}^K \tau_k^*.$$

Етап 6. Формування рішення двохетапної задачі (6), (8) – (11), (7):

$$X^* = \|x_{ki}^*\|_{K, I-1}; \quad T_k^*; \quad k = \overline{1, K}; \quad C_{MO}^*;$$

$$S_k^*; \quad k = \overline{1, K}; \quad \tau_k^*; \quad k = \overline{1, K};$$

$$C_{TB}^*; \quad C_3^* = C_{MO}^* + C_{TB}^*;$$

$$T_3^* = \max_{1 \leq k \leq K} \{T_k^* + \tau_k^*\}.$$

Схема процедури наведена на рис. 1.

Для ілюстрації запропонованого методу розв'язання поставленої задачі наведемо приклад її вирішення. Вихідні дані наведені в табл. 1 – 4. В табл. 5 – 14 надаються результати двохетапної задачі (6), (8) – (11), (7). Всі розрахунки здійснювалися в середовищі Excel [9].

Таблиця 1

Матриця замовлень військових частин (підрозділів) щодо метрологічного обслуговування ЗВТВП за типами $R = \|r_{ij}\|_{I-1, J}$ од.

Типи В/ч \	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	12	2	7	4	2	18	18	10	0	10	3
3	11	4	5	3	2	14	13	14	2	9	5
4	10	3	7	6	3	10	11	14	0	7	4
5	8	3	6	3	1	0	10	19	1	8	2
6	9	2	4	3	0	12	16	23	1	11	1
7	5	5	5	5	4	16	14	20	0	9	3
8	4	6	5	4	3	21	44	12	2	10	4

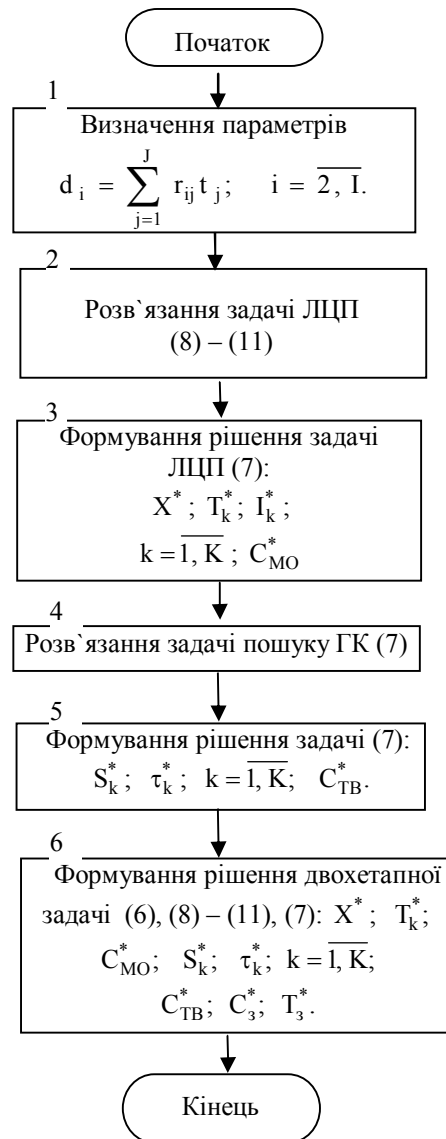


Рис. 1. Схема процедури 1

Таблиця 2

Питомий час
метрологічного обслуговування
ЗВТВП за типами $t = \|t_j\|$ год.

Типи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Час	4	8	5	6	3	1	4	1	2	1	5

Таблиця 3

Фонд часу, год.

Фонд часу, год.	ВМГ
500	ВМГ 1
500	ВМГ 2

Таблиця 4

Питомі витрати
метрологічного обслуговування
ЗВТВП за типами $c = \|c_j\|$ у.о.

Типи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
у.о	10	15	9	11	8	8	12	11	13	14	6

Таблиця 5

Матриця $X^* = \|x_{ki}^*\|_{k,1-1}$ оптимального розподілу

ВМГ за критерієм максимуму кількості
військових частин ЗВТВП, що підлягають
метрологічному обслуговуванню, од.

в/ч \ ВМГ	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0	0	1	0	0	0
2	0	1	0	0	1	0	0

Таблиця 6

Часові витрати ВМГ на метрологічне
обслуговування ЗВТВП військових частин
(підрозділів) у регіоні, год.

в/ч	години	ВМГ
2	254	ВМГ 1
3	243	ВМГ 2
4	239	–
5	186	ВМГ 1
6	207	ВМГ 2
7	242	–
8	365	–

Таблиця 7

Вартісні витрати ВМГ на метрологічне
обслуговування ЗВТВП військових частин
(підрозділів) у регіоні, у.о.

в/ч	години	ВМГ
2	901	ВМГ 1
3	868	ВМГ 2
4	786	–
5	686	ВМГ 1
6	903	ВМГ 2
7	909	–
8	1261	–

Таблиця 8

Час та загальний час метрологічного
обслуговування ЗВТВП військових частин
(підрозділів) у регіоні ВМГ, час.

Час метрологічного обслуговування ЗВТВП, ВМГ 1;	Час метрологічного обслуговування ЗВТВП, ВМГ 2	Загальний час метрологічного обслуговування ЗВТВП, ВМГ 1, 2
440	450	450

Таблиця 9

Вартість та сумарна вартість метрологічного
обслуговування ЗВТВП військових частин
(підрозділів) у регіоні 1 та 2 ВМГ, у.о.

Вартість метрологічного обслуговування ЗВТВП, ВМГ 1	Вартість метрологічного обслуговування ЗВТВП, ВМГ 2	Сумарна вартість метрологічного обслуговування ЗВТВП, ВМГ 1, 2: C_{MO}	Кількість військових частин N , од.
1587	1771	3358	4

Таблиця 10

Оптимальні маршрути та тривалість
обслуговування ВМГ 1 та ВМГ 2

№ ВМГ	Оптимальний маршрут	Тривалість
1	1 → 2 → 5 → 1	$S_1 = 11$
2	1 → 3 → 6 → 1	$S_2 = 6$

Таблиця 11

Тариф транспортування ВМГ, у.о.

Транспортний тариф.	у.о.
c_0	5

Таблиця 12

Загальний час метрологічного обслуговування
із транспортними витратами, год.

ВМГ	год.
ВМГ 1	451
ВМГ 2	455

Таблиця 13

Вартісні транспортні витрати ВМГ на метрологічне
обслуговування ЗВТВП військових частин
(підрозділів) у регіоні, у.о.

ВМГ	у.о.
ВМГ 1	55
ВМГ 2	25

Таблиця 14

Загальні вартісні транспортні витрати ВМГ
на метрологічне обслуговування ЗВТВП
військових частин (підрозділів) у регіоні, у.о.

ВМГ	у.о.
ВМГ 1	1642
ВМГ 2	1796
Всього	3438

Висновки

1. В статті запропоновано математичну модель та метод визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму вартості метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки й транспортних витрат.

2. Метод засновано на розв'язанні двохетапної задачі оптимізації. На першому етапі вирішується задача визначення максимальної кількості військових частин (підрозділів), де необхідно здійснити метрологічне обслуговування ЗВТВП відповідно до обмеження на обсяги робіт ВМГ в часі. На другому етапі стосовно кожної ВМГ, визначеної при розв'язанні задачі метрологічного обслуговування ЗВТВП відповідно до обмеження на обсяги робіт ВМГ в часі, згідно множини вузлів дислокації військових частин (підрозділів) I_k^* вирішуються задача пошуку найкоротшого за часом замкненого шляху S_k , котрий починається та закінчується в вузлі 1 й проходить скрізь усі вузли дислокації військових частин (підрозділів) тільки один раз.

3. Наведена процедура розв'язання двохетапної задачі визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму вартості метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки й транспортних витрат.

4. Надані результати вирішення двохетапної задачі визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму вартості метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки й транспортних витрат, які визначені за допомогою середовища Excel.

Список літератури

1. Наказ заступника Міністра оборони з озброєння – начальника Озброєння ЗС України “Про затвердження

Керівництва з організації та порядку експлуатації виміральної 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 Черняхівського, 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.: ХУ ПС, 2014. – Вип. 1(117). – С. 61-68.

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.: ХУ ПС, 2014. – Вип. 6(122). – С. 111-113.

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.: ХУ ПС, 2014. – Вип. 1(126). – С. 83-90.

8. Моисеев М.К. Методы оптимизации / М.К. Моисеев, Ш.П. Иванов, Е.М. Столярова. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

9. Гельман В.Я. Решение математических задач средствами Excel / В.Я. Гельман. – М.: Питер, 2008. – 235 с.

Надійшла до редколегії 24.10.2014

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТРАНСПОРТНЫХ ЗАТРАТ ВЫЕЗДНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП

Д.А. Филистеев

В статье предложено математическую модель и метод определения оптимального плана распределения и соответствующих оптимальных маршрутов движения выездных метрологических групп по критерию минимума стоимости метрологического обслуживания образцов вооружения и военной техники войск и транспортных расходов.

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

DETERMINATION OF MINIMUM COST OF METROLOGICAL SERVICE AND TRANSPORT EXPENSES OF DEPARTURE METROLOGICALS GROUPS

D.A. Filisteev

In the article a mathematical model and method of determination of optimum plan of distributing and proper optimum routes of motion of departure metrologicals groups is offered on the criterion of a minimum of cost of metrological maintenance of standards of armament and military technique of troops and transport charges.

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