

УДК 519.87:316.458.6

В.Б. Кононов, Ю.І. Шевяков, Ю.І. Кушнерук

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків*

## МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАНУВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ВІЇЗНИМИ МЕТРОЛОГІЧНИМИ ГРУПАМИ

*В статті пропонується методика оцінювання ефективності планування метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки військових частин (підрозділів) спеціалізованими або універсальними виїзними метрологічними групами.*

**Ключові слова:** озброєння та військова техніка, метрологічне забезпечення, оцінка ефективності.

### Вступ

**Постановка задачі.** Метрологічне забезпечення є однією із важливіших складових технічного забезпечення озброєння та військової техніки (ОВТ) Збройних Сил України. Від ефективного функціонування системи метрологічного забезпечення залежить стан зразків ОВТ, що нерозривно пов'язане з ухваленням рішення з бойового застосування військ при підготовці та в ході проведення військової операції.

Регіональні метрологічні військові частини та видові лабораторії 80% робіт з метрологічного обслуговування військ здійснюють в місцях їх постійної дислокації [1]. Для доставки сил та засобів метрологічного забезпечення в місця постійної дислокації військ (сил) застосовуються виїзні метрологічні групи (ВМГ) зі складу регіональних метрологічних військових частин або військових метрологічних лабораторій видів ЗС України із застосуванням ПЛІВТ. Існуючі методи планування метрологічного обслуговування зразків ОВТ силами ВМГ не повністю відповідають сучасним вимогам метрологічного забезпечення та проведення поточного ремонту озброєння та військової техніки. Запропоновані у роботах [2 – 4] математичні моделі і методи забезпечують суттєве покращання планування задач метрологічного обслуговування ОВТ. Для визначення повноти та якості планування метрологічного обслуговування зразків ОВТ й пошуку варіантів його удосконалення необхідно мати методику оцінювання ефективності виконання запропонованих робіт.

**Аналіз літератури.** У роботах [2, 3] викладені питання застосування ПЛІВТ у складі ВМГ. В статтях [4, 5] запропоновані математичні моделі та методи розв'язання задач визначення оптимального плану розподілу й оптимальних маршрутів руху ВМГ за критеріями мінімуму загального часу або загальної вартості метрологічного обслуговування для варіантів метрологічного обслуговування зразків ОВТ спеціалізованими або універсальними ВМГ. У той же час відсутня методика оцінювання ефек-

тивності метрологічного обслуговування зразків ОВТ військових частин (підрозділів).

**Метою статті** є обґрунтування методики оцінювання ефективності планування метрологічного обслуговування зразків ОВТ виїзними метрологічними групами.

### Результати досліджень

Згідно з [6] ефективність планування метрологічного обслуговування зразків ОВТ військових частин будемо характеризувати показниками, які пов'язані із сумарними часовими витратами на метрологічне обслуговування, часом їх метрологічного обслуговування та витратами на пересування ВМГ. До цих показників будемо відносити такі:  $T_{MO}(R, t, L, V, c_0, c_1, C, T_0, \{S_k\}, K)$  – витрачений час на метрологічне обслуговування зразків ОВТ у випадку одночасного виконання робіт декількома ВМГ;  $T_{\Sigma}(R, t, L, V, c_0, c_1, C, T_0, \{S_k\}, K)$  – сумарні часові витрати на метрологічне обслуговування, які дорівнюють витратам часу на метрологічне обслуговування зразків ОВТ у випадку послідовного виконання робіт без урахування можливості одночасного виконання робіт декількома ВМГ;  $I_{max}(L, \{S_k\})$  – максимальну довжину пересувань всіх ВМГ, яка відповідає варіанту обслуговування кожної військової частини (підрозділу) із обов'язковим поверненням до місця дислокації ВМГ;  $I_{пер}(L, \{P_k\}, K)$  – довжину пересувань всіх ВМГ відповідно до обраних маршрутів.

Введемо наступний показник ефективності метрологічного обслуговування

$$PE = PE(R, t, L, V, c_0, c_1, C, T_0, \{S_k\}, \{P_k\}, K)$$

як добуток кількісної міри якості метрологічного обслуговування зразків ОВТ

$$PE1 = PE1(R, t, L, V, c_0, c_1, C, T_0, \{S_k\}, K)$$

на кількісну міру якості обраних маршрутів для пересування ВМГ  $PE2 = PE2(L, \{P_k\}, K)$ , тобто:

$$PE = PE1 \cdot PE2 \quad (1)$$

Під кількісною мірою якості планування метрологічного обслуговування зразків ОВТ будемо розуміти наскільки час проведеного метрологічного обслуговування наближається до варіанту, в якому в ідеалі відношення витраченого часу до сумарних часових витрат дорівнює  $1/K$ , де  $K$  дорівнює кількості ВМГ у регіоні, тобто наскільки відношення наближається до рівномірного за часом обслуговування розподілу ВМГ:

$$PE1 = (1 / K) / (T_{MO} / T_{\Sigma}) = T_{\Sigma} / (K \cdot T_{MO}). \quad (2)$$

Значення витраченого часу на метрологічне обслуговування  $T_{MO}$  знаходиться у відповідності із співвідношенням, яке обґрунтоване в [6]:

$$T_{MO} = \max_{1 \leq k \leq K} \sum_{i \in S_k} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left( \frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right), \quad (3)$$

де  $R = \|r_{ij}\|_{I,J}$  - матриця замовлень;  $t = [t_1, \dots, t_j]$  - норми часу метрологічного обслуговування ЗВТВП усіх типів;  $B = [b_1, b_2, \dots, b_m]$  - розподіл обслуги за видами метрологічного обслуговування;  $M_0$  - кількість типів ЗВТВП;  $J_0$  - множина ЗВТВП  $m$ -го типу;  $K$  - кількість ВМГ, що обслуговують військові частини (підрозділи);  $S_k = [j_{1k}, j_{2k}, \dots, j_{n_k k}]$  - підмножина військових частин (підрозділів) у регіоні, які підлягають метрологічному обслуговуванню  $k$ -ою ВМГ.

Сумарні часові витрати на метрологічне обслуговування  $T_{\Sigma}$  будемо шукати за співвідношенням, наведеним в [6]. Ці витрати дорівнюють:

$$T_{\Sigma} = \sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left( \frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right). \quad (4)$$

Враховуючи (3) та (4), перетворимо (2)::

$$PE1 = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left( \frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right)}{K \cdot \max_{1 \leq k \leq K} \sum_{i \in S_k} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left( \frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right)}, \quad (5)$$

причому  $1 / K \leq PE1 \leq 1$ . (6)

Найменше значення показник (5) приймає при послідовному виконанні робіт, так як у цьому випадку  $T_{MO} = T_{\Sigma}$ , а найбільше - для варіанту, коли можливий рівномірний розподіл часу виконання робіт одночасно усіма ВМГ, тобто

$$\frac{T_{MO}}{T_{\Sigma}} = \frac{1}{K}.$$

Під кількісною мірою якості планування обраних маршрутів будемо розуміти відносно зменшення довжини обраних маршрутів у порівнянні із максимально можливою довжиною маршрутів, яка відповідає маятниковому варіанту пересування:

$$PE2 = \frac{l_{\max}(L, \{S_k\}) - l_{\text{пер}}(L, \{P_k\}, K)}{l_{\max}(L, \{S_k\})}. \quad (7)$$

Значення максимальної довжини маршрутів руху ВМГ та довжина пересувань всіх ВМГ відповідно до обраних маршрутів визначаються таким чином:

$$l_{\max}(L, \{S_k\}) = 2 \cdot \sum_{n \in \{S_k\}} l_{1n}; \quad (8)$$

$$l_{\text{пер}}(L, \{P_k\}, K) = \sum_{k=1}^K l(P_k), \quad (9)$$

де  $l_{1n}$ ;  $n \in \{S_k\}$  - відстань між місцем дислокації ВМГ та  $n$ -ою військовою частиною, що обслуговується;  $P_k = [l_{1k}, l_{2k}, \dots, l_{n_k k}, l]$  - замкнений маршрут метрологічного обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів) у регіоні  $k$ -ою ВМГ;  $l(P_k) = l_{1,1} + l_{1,2} + \dots + l_{n_k,1}$  - довжина маршруту  $P_k$  для  $k$ -ої ВМГ.

Із урахуванням (8) - (9) показник (7) приймає такий вигляд:

$$PE2 = \left( 2 \cdot \sum_{n \in \{S_k\}} l_{1n} - \sum_{k=1}^K l(P_k) \right) / \left( 2 \cdot \sum_{n \in \{S_k\}} l_{1n} \right), \quad (10)$$

причому  $0 \leq PE2 \leq 1$ . (11)

Найменше значення показник (10) приймає при маятниковому варіанту пересування, так як у цьому випадку  $\sum_{k=1}^K l(P_k) = 2 \cdot \sum_{n \in \{S_k\}} l_{1n}$ , а найбільше - для

варіанту,  $\sum_{k=1}^K l(P_k) = 0$ , тобто коли усі військові частини (підрозділи) розташовуються в місці дислокації ВМГ. Таким чином, показник ефективності планування метрологічного обслуговування (2) дорівнює:

та змінюється в межах:

$$PE = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left( \frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right)}{K \cdot \max_{1 \leq k \leq K} \sum_{i \in S_k} \max_{1 \leq m \leq M_0} \left( \frac{1}{b_m} \sum_{j \in J_m} r_{ij} t_j \right)} \times \left( 2 \cdot \sum_{n \in \{S_k\}} l_{1n} - \sum_{k=1}^K l(P_k) \right) / \left( 2 \cdot \sum_{n \in \{S_k\}} l_{1n} \right) \quad (12)$$

та змінюється в межах:

$$0 \leq PE \leq 1. \quad (13)$$

Слід відмітити, що при практичному оцінюванні показник ефективності (12) завжди буде менш ніж 1, так як військові частини (підрозділи) різного призначення не можуть розташовуватись в одному місці у регіоні.

Викладений підхід визначення показника ефективності метрологічного обслуговування ЗВТВП військових частин (підрозділів) слід застосовувати для оцінювання ефективності використання універ-

сальних ВМГ. Аналогічно, для випадку метрологічного обслуговування спеціалізованими ВМГ показник ефективності (12) у відповідності зі співвідношеннями в (10) та (2) приймає такий вигляд:

$$\text{ПЕ} = 1/K \times \left( \sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} \left( \frac{1}{b} \sum_{j \in J_{\text{од}}} r_{ij} t_j \right) \right) / \left( \max_{1 \leq k \leq K} \sum_{i \in S_k} \left( \frac{1}{b} \sum_{j \in J_{\text{од}}} r_{ij} t_j \right) \right) \times \left( 2 \cdot \sum_{n \in \{S_k\}} I_{1n} - \sum_{k=1}^K I(P_k) \right) / \left( 2 \cdot \sum_{n \in \{S_k\}} I_{1n} \right),$$

або

$$\text{ПЕ} = 1/K \times \left( \sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} \left( \sum_{j \in J_{\text{од}}} r_{ij} t_j \right) \right) / \left( \max_{1 \leq k \leq K} \sum_{i \in S_k} \left( \sum_{j \in J_{\text{од}}} r_{ij} t_j \right) \right) \times \left( 2 \cdot \sum_{n \in \{S_k\}} I_{1n} - \sum_{k=1}^K I(P_k) \right) / \left( 2 \cdot \sum_{n \in \{S_k\}} I_{1n} \right), \quad (14)$$

де  $t = [t_1, t_2, \dots, t_{|J_{\text{од}}|}]$  – норми часу метрологічного обслуговування ЗВТВП усіх типів даного виду;  $b$  – кількість обслуги для метрологічного обслуговування ЗВТВП даного виду;  $J_{\text{од}}$  – множина типів виду ЗВТВП, що розглядається.

Під кількісною мірою якості метрологічного обслуговування зразків ОВТ в (14) (перший множник) розуміється, наскільки час метрологічного обслуговування зразків ОВТ даного виду наближається до рівномірного за часом обслуговування розподілу ВМГ. Що стосується другого множника в (14), то за змістом він враховує якість планування маршрутів руху ВМГ.

## Висновки

1. В статті запропонована методика оцінювання ефективності планування метрологічного обслуговування зразків ОВТ спеціалізованими або універсальними виїзними метрологічними групами.

2. Пропонується показник ефективності планування метрологічного обслуговування як добуток

кількісної міри якості метрологічного обслуговування зразків ОВТ на кількісну міру якості обраних маршрутів для пересування ВМГ.

3. Кількісна мірою якості планування метрологічного обслуговування зразків ОВТ розглядається як відношення  $1/K$ , де  $K$  – кількість ВМГ у регіоні, до відношення витраченого часу до сумарних часових витрат, тобто наскільки останнє відношення наближається до рівномірного за часом обслуговування розподілу ВМГ.

4. Під кількісною мірою якості планування обраних маршрутів розуміється відносно зменшення довжини обраних маршрутів у порівнянні із максимально можливою довжиною маршрутів, яка відповідає маятниковому варіанту пересування.

## Список літератури

1. 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.
2. 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.
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. 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.
5. *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 озброєння і військова техніка*. – 2014. – № 4. – С. 35-41.
6. *Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова*. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.

Надійшла до редколегії 2.03.2016

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

## МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЛУЖИВАНИЯ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ВЫЕЗДНЫМИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМИ ГРУППАМИ

В.Б. Кононов, Ю.И. Шевяков, Ю.И. Кушнерук

*В статье предлагается методика оценивания эффективности планирования метрологического обслуживания образцов вооружения и военной техники воинских частей (подразделений) специализированными или универсальными выездными метрологическими группами.*

**Ключевые слова:** вооружение и военная техника, метрологическое обеспечение, оценка эффективности.

## METHODS OF EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF PLANNING METROLOGICAL SERVICE OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT BY VISITING METROLOGICAL GROUPS

V.B. Kononov, Yu.I. Shevyakov, Yu.I. Kushneruk

*In the article the method of evaluation of efficiency of planning of metrology maintenance of standards of armament and military technique of military parts (subdivisions) is offered by specialized or universal visiting metrological groups.*

**Keywords:** armament and military technique, metrology providing, effectiveness estimation.