

УДК 519.87:316.458.6

Ю.І. Шевяков

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

УНІВЕРСАЛЬНИЙ МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ РОЗРАХУНКОВІЙ СИСТЕМІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

В статті розглядаються теоретичні засади використання інформаційних технологій стосовно методів розв'язання задач планування й управління метрологічним забезпеченням зразків озброєння та військової техніки.

Ключові слова: озброєння та військова техніка, військові засоби вимірювальної техніки метрологічне обслуговування, виїзні метрологічні групи.

Вступ

Постановка задачі. При розробці спеціального математичного забезпечення підсистеми підтримки рішень щодо метрологічного забезпечення зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) Збройних Сил України необхідно для розроблення математичних моделей задач планування їх робіт запропонувати методи вирішення цих задач.

Значна кількість робіт з метрологічного обслуговування зразків ОВТ виконується в місцях постійної або тимчасової дислокації військових частин (підрозділів) виїзними метрологічними групами (ВМГ) [1–2].

Від якості планування метрологічного обслуговування зразків ОВТ залежить стан бойової готовності військових частин ЗСУ.

Під час планування роботи ВМГ слід враховувати можливості власне цих метрологічних підрозділів та цільову спрямованість завдань, що вирішуються. В залежності від цільової спрямованості завдання, що вирішуються, поділяються на три групи, які розрізняються вибором показника ефективності, а саме:

– задачі групи А, в яких в якості показника обирається загальний час метрологічного обслуговування;

– задачі групи В, в яких в якості показника обираються загальні вартісні витрати на метрологічне обслуговування;

– задачі групи С, в яких в якості показника обирається збільшення додаткової кількості складу ВМГ.

В залежності від типу ВМГ завдання, що вирішуються, можна також поділити на три підгрупи у кожній групі: визначення розподілу й маршрутів руху однотипних спеціалізованих (перша задача), однотипних універсальних (друга задача) та різнотипних ВМГ (третя задача).

Метод розв'язання задач планування роботи ВМГ повинен бути універсальним і давати можливість вирішення всіх задач (А1, А2, А3; В1, В2, В3; С1, С2, С3).

Аналіз літератури. З'ясуємо відомі методи розв'язання задач планування роботи ВМГ [4–7]. Метод визначення оптимальних плану розподілу й маршрутів руху різнотипних виїзних метрологічних груп запропонований в [4]. Методи планування роботи спеціалізованих виїзних метрологічних груп в умовах достатньої або недостатньої кількості фінансових і часових ресурсів наведені в [5–6]. Метод планування роботи універсальних виїзних метрологічних груп в умовах достатньої кількості фінансових і часових ресурсів викладений в [7].

Проте наведені математичні методи розв'язання задач планування роботи ВМГ стосуються лише окремих випадків планування роботи ВМГ і не дозволяють розв'язати всі можливі задачі, що виникають при плануванні роботи ВМГ, і в зв'язку з чим неспроможні обґрунтувати методологічні засади використання інформаційних технологій й принципів оптимізації систем управління, що розробляються.

Метою статті є обґрунтування універсального методу розв'язання завдань автоматизації в інформаційній розрахунковій системі метрологічного обслуговування.

Виклад основного матеріалу

Загальна задача оптимального планування метрологічного обслуговування зразків ОВТ виїзними метрологічними групами, у формалізованому вигляді викладена в [3] та має наступний вигляд:

$$F_{\text{моп}} = F(Z, \{S_k\}, \{P_k\});$$

$$I, J, U, \tilde{K}, \{t_{kj}\}, \{c_{kj}\}, H, B, c_{k0} \rightarrow \text{opt}; \quad (1)$$

$$\{S_k\} \in S_d, k \in \tilde{K}; \quad (2)$$

$$\{P_k\} \in P_d, k \in \tilde{K}; \quad (3)$$

$$\Phi(Z, \{P_k\}; I, U, J, \tilde{K}, \{c_{kj}\}, H, c_{k0}) \leq C_0; \quad (4)$$

$$\Psi(Z; I, U, J, \{t_{kj}\}, B) \leq T_0; \quad (5)$$

$$\Omega(Z, \{S_k\}, \{P_k\}; I, U, J, \tilde{K}, \{t_{kj}\}, H, B) \leq T_d; \quad (6)$$

$$\theta_i \in \Theta_d(Z, I, U, J, Q, D, W); i \in I, \quad (7)$$

де I – множина місць дислокації військових частин (підрозділів) у регіоні, які підлягають метрологічному обслуговуванню;

U – множина видів зразків ОБТ;

J – множина типів військових засобів вимірювальної техніки (ВЗВТ) зразків ОБТ;

Q – тривимірна матриця замовлень на метрологічне обслуговування ВЗВТ кожного типу для кожного виду зразка ОБТ військової частини;

D – тривимірна матриця сумарної кількості ВЗВТ кожного типу для кожного виду зразка ОБТ військової частини;

C_0 – виділені сумарні кошти для метрологічного обслуговування зразків ОБТ і пересування ВМГ для усіх військових частин (підрозділів);

S_d – допустима множина усіх можливих підмножин місць дислокації військових частин (підрозділів) за ВМГ у регіоні з врахуванням вимог або особливостей метрологічного обслуговування зразків ОБТ;

P_d – допустима множина усіх можливих підмножин замкнених маршрутів метрологічного обслуговування військових (підрозділів) з врахуванням вимог або особливостей руху ВМГ у регіоні;

\tilde{K} – множина спеціалізованих та (або) універсальних ВМГ у регіоні;

$\{t_{kj}\}; k \in \tilde{K}; j \in J$ – питомі норми часу метрологічного обслуговування ВЗВТ усіх типів кожною ВМГ;

$\{c_{kj}\}; k \in \tilde{K}; j \in J$ – питомі норми вартості метрологічного обслуговування ВЗВТ усіх типів кожною ВМГ;

T_0 – сумарний фонд робочого часу щодо метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів) усіма ВМГ;

T_d – директивний термін виконання метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів) усіма ВМГ;

H – матриця відстаней між військовими частинами (підрозділами) у регіоні;

$\{c_{k0}\}; k \in \tilde{K}$ – тарифи транспортування ВМГ;

W – множина коефіцієнтів важливості зразків ОБТ;

V – вектор кількостей номерів обслуги за видами метрологічного обслуговування, які є у наявності у регіональній метрологічній частині;

$\theta_i, i \in I$ – множина варіантів стану метрологічного забезпечення зразків ОБТ для i -ї військової частини у разі її позитивної оцінки за планом;

$\Theta_d(W)$ – допустима множина варіантів метрологічного забезпечення зразків ОБТ з врахуванням їх коефіцієнтів важливості;

Z – тривимірна матриця кількостей ВЗВТ кожного типу для кожного виду зразка ОБТ військової

частини, які підлягають метрологічному обслуговуванню за планом;

$\{S_k\}, k \in \tilde{K}$ – множина можливих розподілів військових частин (підрозділів) за ВМГ у регіоні, які підлягають метрологічному обслуговуванню за планом;

$\{P_k\}, k \in \tilde{K}$ – множина можливих маршрутів руху ВМГ за планом.

Розглянута задача відноситься до багатопараметричних задач оптимізації з декількома управлінськими змінними.

Для розв'язання цієї задачі пропонується використати метод, який складається в декомпозиції задачі (1–7) на наступні три базові задачі оптимізації:

– задачі визначення необхідної кількості замовлень на метрологічне обслуговування зразків ОБТ із врахуванням їх важливості та стану метрологічного забезпечення зразків ОБТ за військовою частину (підрозділу);

– задачі визначення оптимального розподілу ВМГ по місцях дислокації військових частин (підрозділів);

– задачі визначення найкоротшого замкненого маршруту руху кожною ВМГ, котрий починається та закінчується у місці дислокації ВМГ й проходить через місця дислокації військових частин (підрозділів), які визначені за рішенням попередньої задачі.

В математичній моделі першої задачі оптимізації конкретизується показник ефективності $F_{\text{моп}}$ та деталізуються співвідношення (5; 7):

$$F_{\text{моп}}^{\text{кз}} \rightarrow \text{opt}; \quad (8)$$

$$\Psi(Z; I, U, J, \{t_{kj}\}, V) \leq T_0; \quad (9)$$

$$\theta_i \in \Theta_d(Z, I, U, J, Q, D, W); i \in I, \quad (10)$$

при чому, в цій задачі співвідношення (2–4) та (6) не використовуються.

Показник ефективності $F_{\text{моп}}^{\text{кз}}$ обирається за наступними двома можливими варіантами.

Варіант 1. Показник ефективності $F_{\text{моп}}^{\text{кз}}$ визначає необхідну сумарну кількість замовлень на метрологічне обслуговування зразків ОБТ із врахуванням їх важливості та стану метрологічного забезпечення зразків ОБТ за військовою частину (підрозділу):

$$F_{\text{моп}}^{\text{кз}} = F_{\text{моп}}^{\text{ск}} = F(Z; Q, D, I, J, U, W, \{t_{kj}\}). \quad (11)$$

Варіант 2. Показник ефективності $F_{\text{моп}}^{\text{кз}}$ визначає вартісні витрати на метрологічне обслуговування ВЗВТ зразків ОБТ військових частин (підрозділів)

$$F_{\text{моп}}^{\text{кз}} = F_{\text{моп}}^{\text{св}} = F(Z; Q, D, I, J, U, W, \{t_{kj}\}, \{c_{kj}\}), \quad (12)$$

де $\{c_{kj}\}; k \in \tilde{K}; j \in J$ – питомі норми вартості метрологічного обслуговування ВЗВТ усіх типів кожною ВМГ.

Вибір показника ефективності за варіантом 1 пропонується у випадку, коли показник $F_{\text{моп}}$ загальної моделі (1–7) визначає загальний час $F_{\text{моп}}^{\text{зч}}$ метрологічного обслуговування ВЗВТ зразків ОВТ військових частин (підрозділів):

$$F_{\text{моп}} = F_{\text{моп}}^{\text{зч}}, \quad (13)$$

або визначає величину додаткового збільшення складу ВМГ $F_{\text{моп}}^{\text{дз}}$:

$$F_{\text{моп}} = F_{\text{моп}}^{\text{дз}}, \quad (14)$$

проте за варіантом 2 показник $F_{\text{моп}}$ моделі (1–7) визначає відповідні загальні вартісні витрати $\Phi_{\text{моп}}^{\text{зб}}$:

$$F_{\text{моп}} = \Phi_{\text{моп}}^{\text{зб}}. \quad (15)$$

Результат рішення задачі (8–11) дозволяє знайти максимальну кількість ВЗВТ кожного типу для кожного виду зразка ОВТ військової частини $Z_{\text{ск}}^*$, які підлягають метрологічному обслуговуванню за планом і забезпечують позитивну оцінку стану метрологічного забезпечення військових частин (підрозділів) зразками ОВТ.

Результат рішення задачі (8–10, 12) дозволяє визначити кількість ВЗВТ кожного типу для кожного виду зразка ОВТ військової частини $Z_{\text{ск}}^*$ за мінімальною сумарною вартістю, які підлягають метрологічному обслуговуванню за планом, і забезпечують позитивну оцінку стану метрологічного забезпечення військових частин (підрозділів) зразками ОВТ.

Крім того, результат рішення задачі (8–10) визначає необхідну кількість замовлень за планом на метрологічне обслуговування ВЗВТ кожного типу для зразків ОВТ всіх видів кожної військової частини (підрозділу) за співвідношеннями:

$$r_{ij} = \sum_{u=1}^{|U|} z_{ij}^*; i = \overline{1, |I|}; j = \overline{1, |J|}, \quad (16)$$

де $|I|$, $|U|$, $|J|$ – кількість елементів множин I , U , J відповідно.

Можливий випадок, коли задача (8–10) не має рішення у разі несумісності співвідношень (9–10). В цьому випадку необхідна корекція сумарного фонду робочого часу T_0 , тобто необхідно знайти таке його мінімальне значення, при якому співвідношення (8–10) є сумісними. Це з'ясується у результаті розв'язання наступної допоміжної задачі оптимізації:

$$\Psi(Z; I, U, J, \{t_{kj}\}, B) \rightarrow \min_{\{Z\}}; \quad (17)$$

$$\theta_i \in \Theta_d(Z, I, U, J, Q, D, W); i \in I. \quad (18)$$

За рішенням задачі (17–18)

$$Z^* = \arg \min_{\{Z\}} \Psi(Z; I, U, J, \{t_{kj}\}, B) \quad (19)$$

проводиться корекція параметру T_0 за формулою

$$T_0 = \Psi(Z^*; I, U, J, \{t_{kj}\}, B). \quad (20)$$

В математичній моделі другої задачі оптимізації показник ефективності $F_{\text{моп}}^{\text{ч}}$ визначає час метрологічного обслуговування зразків ОВТ військових частин (підрозділів), і деталізуються співвідношення (2):

$$F_{\text{моп}}^{\text{ч}} = F(\{S_k\}; R, I, J, \tilde{K}, \{t_{kj}\}, B) \rightarrow \min_{\{S_k\}}; \quad (21)$$

$$\{S_k\} \in S_d, k \in \tilde{K}, \quad (22)$$

де $R = \left\| r_{ij} \right\|_{|I|, |J|}$ – матриця замовлень на метрологічне обслуговування ВЗВТ кожного типу для зразків ОВТ всіх видів кожної військової частини (підрозділу), яка визначається за співвідношеннями (16).

Результат рішення цієї задачі дає змогу знайти:

- оптимальний розподіл ВМГ, $\{S_k^*\}$ $k \in \tilde{K}$ для метрологічного обслуговування зразків ОВТ військових частин (підрозділів) за планом, який являється вхідною інформацією для третьої задачі оптимізації;
- мінімальний час на метрологічне обслуговування зразків ОВТ у регіоні

$$F_{\text{моп}}^{\text{ч*}} = F(\{S_k^*\}; R, I, J, \tilde{K}, \{t_{kj}\}, B). \quad (23)$$

В математичній моделі третьої задачі оптимізації показник ефективності $F_{\text{моп},k}^{\text{HM}}$ визначає довжину маршруту руху k -ї ВМГ по місцях дислокації військових частин (підрозділів) S_k^* , а також деталізуються співвідношення (3):

$$F_{\text{моп},k}^{\text{HM}} = F(\{P_k\}; \{S_k^*\}, \tilde{K}, H) \rightarrow \min_{\{P_k\}}; \quad (24)$$

$$\{P_k\} \in P_d, k \in \tilde{K}. \quad (25)$$

Результат рішення третьої задачі визначає:

- оптимальні замкнені маршрути руху ВМГ, $\{P_k^*\}$, $k \in \tilde{K}$ для метрологічного обслуговування зразків ОВТ військових частин (підрозділів) за планом;
- загальні вартісні витрати, які відповідно до (4) обчислюються за допомогою співвідношення:

$$\Phi_{\text{моп}}^{\text{зб*}} = \Phi(Z^*, \{P_k^*\}; I, U, J, \tilde{K}, \{c_{kj}\}, H, c_{k0}); \quad (26)$$

- загальний час (з врахуванням рішення задачі (17–18)) на метрологічне обслуговування зразків ОВТ у регіоні, який відповідно (6) обчислюється за співвідношенням:

$$F_{\text{моп}}^{\text{зч*}} = \Omega(Z^*, \{S_k^*\}, \{P_k^*\}; I, U, J, \tilde{K}, \{t_{kj}\}, H, B). \quad (27)$$

Враховуючи (26) та (27) отримаємо наступні необхідні умови для розв'язання задачі (1–7):

- необхідна умова обмеження на загальні виділені кошти для випадку, якщо виконуються співвідношення (13) або (14), представляється нерівністю

$$\Phi_{\text{моп}}^{\text{зб*}} \leq C_0; \quad (28)$$

- необхідна умова обмеження щодо директивного терміну виконання робіт для випадку, якщо

виконується співвідношення (15), представляється нерівністю

$$F_{\text{моп}}^{\text{зн}^*} \leq T_d. \quad (29)$$

Таким чином, розв'язання базових задач оптимізації забезпечує вирішення загальної задачі (1)–(7) і дає змогу визначити:

– необхідну кількість замовлень на метрологічне обслуговування ВЗВТ зразків ОВТ, яка забезпечує позитивну оцінку стану метрологічного обслуговування військових частин у регіоні, Z^* ;

– оптимальний розподіл ВМГ для метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів) у регіоні, $\{S_k^*\}$, $k \in \tilde{K}$;

– оптимальні замкнуті маршрути руху ВМГ, $\{P_k^*\}$, $k \in \tilde{K}$;

– мінімальний час на метрологічне обслуговування зразків ОВТ у регіоні, $F_{\text{моп}}^{\text{zn}^*}$;

– загальний час на метрологічне обслуговування зразків ОВТ у регіоні, $F_{\text{моп}}^{\text{zn}^*}$;

– загальні вартісні витрати на метрологічне обслуговування, $\Phi_{\text{моп}}^{\text{zn}^*}$;

– оптимальне додаткове збільшення складу ВМГ, $F_{\text{моп}}^{\text{zn}^*}$;

– мінімальні витрати часу роботи обслуги за першим або за другим варіантом, $\Psi_{\text{мін}}^{\text{кз}}$.

Висновки

1. Запропонований універсальний метод розв'язання завдань автоматизації в інформаційній розрахунковій системі метрологічного забезпечення, заснований на поетапному розв'язанні трьох базових задач оптимізації.

2. Запропонований метод розв'язання загальної задачі метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки дозволяє розв'язати задачі планування робіт ВМГ за критеріями: мінімуму загального часу на метрологічне обслуговування, мінімуму загальної вартості на метрологічне

обслуговування та мінімуму додаткового збільшення кількості їх складу.

3. Математичні моделі загальної та базових задач планування роботи ВМГ й запропонований універсальний метод їх розв'язання утворюють методологічні основи використання інформаційних технологій й принципів оптимізації створеної автоматизованої системи метрологічного забезпечення.

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. Шевяков Ю.І. Використання інформаційних технологій для оптимізації завдань планування метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки / Ю.І. Шевяков // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2015. – № 4 (36). – С. 70-72.
4. Шевяков Ю.І. Метод визначення оптимальних плану розподілу й маршрутів руху різномісних виїзних метрологічних груп / Ю.І. Шевяков // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – № 2 (42). – С. 151-157.
5. Шевяков Ю.І. Метод планування роботи спеціалізованих метрологічних груп в умовах достатньої кількості фінансових і часових ресурсів / Ю.І. Шевяков // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – № 4 (21). – С. 117-120.
6. Шевяков Ю.І. Метод планування роботи спеціалізованих виїзних метрологічних груп в умовах недостатньої кількості фінансових і часових ресурсів / Ю.І. Шевяков // Системи обробки інформації. – 2016. – № 7 (144). – С. 103-106.
7. Шевяков Ю.І. Метод планування роботи універсальних виїзних метрологічних груп в умовах достатньої кількості фінансових і часових ресурсів / Ю.І. Шевяков // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8 (145). – С. 63-65.

Надійшла до редколегії 8.06.2017

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

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ РАСЧЕТНОЙ СИСТЕМЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Ю.И. Шевяков

В статье рассматриваются теоретические основы использования информационных технологий для методов решения задач управления метрологическим обеспечением образцов вооружения и военной техники.

Ключевые слова: вооружение и военная техника, военные средства измерительной техники, метрологическое обслуживание, выездные метрологические группы.

UNIVERSAL METHOD OF DECISION OF TASKS OF AUTOMATION IS IN INFORMATIVE CALCULATION SYSTEM OF METROLOGICAL PROVIDING

Yu. Shevyakov

In the article theoretical bases of the use of information technologies are examined for methods decision of tasks of management the metrological providing of standards of armament and military technique.

Keywords: armament and military technique, soldiery facilities of measuring technique, metrological service, departure metrological groups.