

УДК 519.87:316.458.6

Ю.І. Шевяков

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ІМІТАЦІЙНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ЗАВДАНЬ ПЛАНУВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

В статті обґрунтовується імітаційна модель задачі планування роботи різномісних спеціальних та (або) універсальних виїзних метрологічних груп

Ключові слова: імітаційна модель, військові засоби вимірювальної техніки метрологічне обслуговування, виїзні метрологічні групи.

Вступ

Постановка задачі. Необхідність створення інформаційних технологій для розроблення інформаційно-пошукових і експертних систем обробки інформації для прийняття рішень особливо актуальна при вирішенні завдань планування метрологічного забезпечення, яке є однією з важливих частин технічного забезпечення Збройних Сил України (ЗСУ).

Експлуатація сучасних зразків озброєння та військової техніки (ОВТ), до складу яких входять новітні системи автоматизованого управління, радіоелектронне, електротехнічне й тепломеханічне обладнання, підтримання їх високої боєготовності, потребують постійної підтримки справного стану військових засобів вимірювальної техніки (ВЗВТ), за допомогою яких здійснюють контроль за технічним станом зразків ОВТ, їх регулювання, налаштування, ремонт і підготовку до застосування.

Своєчасне та повне метрологічне обслуговування сучасних складних систем проводять за допомогою виїзних метрологічних груп (ВМГ). Від якості планування метрологічного обслуговування зразків ОВТ залежить стан бойової готовності військових частин ЗСУ. Тому розробка відповідних математичних моделей задач планування робіт ВМГ і методів їх розв'язання є актуальною задачею, вирішення якої спрямовано на створення спеціального математичного забезпечення підсистеми підтримки рішень щодо метрологічного забезпечення зразків ОВТ Збройних Сил України.

Аналіз літератури. В [1, 2] розглянуті питання організації виробничої діяльності військових метрологічних лабораторій в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України. Математичні моделі планування спеціалізованих та (або) універсальних виїзних метрологічних груп наведені в [3]. Методи планування роботи виїзних метрологічних груп викладені в [4, 5]. Проте в наведених в статтях не розглядалися питання, що пов'язані з обґрунтуванням достовірності розроблених математичних моделей

визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху ВМГ. Для підтвердження достовірності математичних моделей завдань планування метрологічного обслуговування доцільно використовувати імітаційне моделювання.

Метою статті є обґрунтування імітаційної моделі розв'язання задач планування роботи різномісних спеціальних та (або) універсальних ВМГ в інформаційній розрахунковій системі метрологічного обслуговування.

Основний матеріал

Розглянемо математичну модель задачі планування розподілу різномісних ВМГ й відповідних маршрутів їх руху за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування зразків ОВТ, яка описується співвідношеннями [3]:

$$T_{\text{Моп}}^{\text{PT}} = \max_{\substack{1 \leq p \leq P_0 \\ 1 \leq k \leq a_p}} \left[\sum_{i \in S_{pk}} \max_{1 \leq m \leq m_0} \left(\frac{1}{b_{pm}} \sum_{j \in J_{pm}} \sum_{u \in U} z_{iuj} t_{pj} \right) + L(Q_{pk}) / V_p \right] \rightarrow \min_{\{z_{iuj}\}, \{S_{pk}\}, \{Q_{pk}\}}$$

$$S_{pk_1} \cap S_{pk_2} = \emptyset; \quad k_1 \neq k_2; \quad \bigcup_{p=1}^{P_0} \bigcup_{k=1}^{a_p} S_{pk} = I;$$

$$J_{p_1 m_1} \cap J_{p_2 m_2} = \emptyset; \quad m_1 \neq m_2; \quad \bigcup_{p=1}^{P_0} \bigcup_{m=1}^{m_0} J_{pm} = J;$$

$$\sum_{p=1}^{P_0} \sum_{k=1}^{a_p} \left[c_{p0} L(Q_{pk}) + \sum_{i \in S_{pk}} \left(\sum_{j \in J_{pm}} \sum_{u \in U} z_{iuj} c_{pj} \right) \right] \leq C_0; \quad (1)$$

$$\sum_{p=1}^{P_0} \sum_{k=1}^{a_p} \left[\sum_{i \in S_{pk}} \max_{1 \leq m \leq m_0} \left(\frac{1}{b_{pm}} \sum_{j \in J_{pm}} \sum_{u \in U} z_{iuj} t_{pj} \right) \right] \leq T_0;$$

$$\sum_{j=1}^{|J|} z_{iuj} \geq \sum_{j=1}^{|J|} (q_{iuj} - \theta_u d_{iuj}); \quad i = \overline{1, |I|}; \quad u = \overline{1, |U|};$$

$$0 \leq z_{iuj} \leq q_{iuj}; \quad i = \overline{1, |I|}; \quad u = \overline{1, |U|}; \quad j = \overline{1, |J|}.$$

В цій математичній моделі відомими будемо вважати такі постійні параметри: $I = [1, 2, \dots, I_0]$ – множина місць дислокації військових частин (підрозділів), які плануються для метрологічного обслуговування, де номер 1 відповідає місцю дислокації ВМГ та одному із військових частин або підрозділу; I_0 – кількість всіх місць дислокації; $J = \{1, 2, \dots, |J|\}$ – множина ВЗВТ усіх типів; $J_m; m = \overline{1, m_0}$ – множина ВЗВТ за m -м видом метрологічного обслуговування;

$$J_{pm} = \begin{cases} J_m, \text{ якщо ВМГ } p\text{-го типу спроможна} \\ \text{провести метрологічне обслуговування} \\ m\text{-го виду;} \\ \emptyset, \text{ у протилежному випадку;} \end{cases}$$

$U = \{1, 2, \dots, |U|\}$ – множина видів зразків ОБТ;

$d_{iuj}; i \in I; u \in U; j \in J_{од}$ – сумарна кількість ВЗВТ j -го

типу зразків ОБТ u -го виду для i -ої військової частини (підрозділу), при чому, якщо зразки ОБТ u -го виду відсутні у військовій частини (підрозділу), то $d_{iuj} = 0$; $q_{iuj}; i \in I; u \in U; j \in J_{од}$ – сумарна кількість ВЗВТ j -го типу зразків ОБТ u -го виду для i -ої військової частини (підрозділу), яка є у замовленні на метрологічне обслуговування; $\theta_u; u \in U$ – коефіцієнт, за допомогою якого здійснюється оцінювання укомплектованості придатними до застосування ВЗВТ зразків ОБТ u -го виду; $b_{pm}; m = \overline{1, m_0}$ – кількість номерів обслуги для ВМГ p -го типу за m -м видом метрологічного обслуговування; P_0 – кількість типів ВМГ; $a_p; p = \overline{1, P_0}$ – кількість ВМГ p -го типу; $t_{pj}; p = \overline{1, P_0}; j \in J$ – усереднена норма часу на метрологічне обслуговування одного ВЗВТ j -го типу обслугою у складі ВМГ p -го типу; $c_{pj} = d_p t_{pj} + q_{pj}$, $j \in J$ – вартість витрат на проведення калібрування

(повірки) одиниці ВЗВТ j -го типу, де d_p – вартість однієї людино-години; q_{pj} – вартість витратних матеріалів на проведення калібрування (повірки) одиниці ВЗВТ j -го типу метрологічного обслуговування обслугою ВМГ p типу; $c_{p0}; p = \overline{1, P_0}$ – тариф транспортування ВМГ p -го типу; C_0 – виділені сумарні кошти для метрологічного обслуговування зразків ОБТ для усіх військових частин (підрозділів); T_0 – сумарний фонд робочого часу щодо метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів) усіма ВМГ; $h_{in}; i = \overline{1, |I|}; n = \overline{1, |I|}$ – відстань між i -ою та n -ою військовими частинами; m_0 – кількість видів метрологічного обслуговування; $V_p; p = \overline{1, P_0}$ – середня швидкість пересування ВМГ p -го типу.

Крім постійних параметрів застосовуються змінні: $z_{iuj}; i \in I; u \in U; j \in J$ – кількість ВЗВТ j -го типу зразків ОБТ u -го виду для i -ої військової частини, яка планується для метрологічного обслуговування;

$$S_{pk} = \left[i_{1k}^{(p)}, i_{2k}^{(p)}, \dots, i_{n_k k}^{(p)} \right]; p = \overline{1, P}; k = \overline{1, a_p}$$

– множина місць дислокації військових частин у регіоні, які підлягають метрологічному обслуговуванню k -ою ВМГ p -го типу за результатами випробувань;

$$Q_{pk} = \left[1, i_{1k}^{(p)}, i_{2k}^{(p)}, \dots, i_{n_k k}^{(p)}, 1 \right]; p = \overline{1, P}; k = \overline{1, a_p}$$

– замкнений маршрут метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів) у регіоні k -ою ВМГ p -го типу, котрий проходить через усі пункти множини S_{pk} тільки один раз, а довжина маршруту

$$L(Q_{pk}) = h_{1, i_{1k}^{(p)}} + h_{i_{1k}^{(p)}, i_{2k}^{(p)}} + \dots + h_{i_{n_k k}^{(p)}, 1}.$$

В імітаційній моделі, крім того, будемо використовувати: T_{\min} – мінімальний загальний час на метрологічне обслуговування різнотипними ВМГ за результатами випробувань (спочатку достатньо велике позитивне число); $T_{\text{моп}}$ – загальний час на метрологічне обслуговування різнотипними ВМГ за результатами чергового випробування; Ψ – випадкову величину, яка має рівномірний закон розподілу на інтервалі $(0, 1)$; ДВЧ (Ψ) – датчик випадкових чисел, що відповідає рівномірному закону розподілу на інтервалі $(0, 1)$; M – достатньо велике позитивне число; ε – достатньо мале позитивне число; N_1 – кількість випробувань випадкових реалізацій щодо визначення необхідної кількості замовлень; N_2 – кількість випробувань випадкових реалізацій щодо визначення мінімального часу метрологічного обслуговування T_{\min} ; $T_{\text{моп}}^{\text{пт}}$ – мінімальний загальний час на метрологічне обслуговування зразків ОБТ у регіоні, отриманий як рішення задачі (1) за універсальним методом [5].

В імітаційній моделі пропонується здійснювати випадковий пошук необхідної кількості замовлень на метрологічне обслуговування ВЗВТ зразків ОБТ, яка забезпечує позитивну оцінку стану метрологічного забезпечення військових частин (підрозділів), випадковий пошук розподілу різнотипних ВМГ для метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів), визначення відповідних маршрутів їх руху за методом гілок та границь та порівняння значень часу на метрологічне обслуговування зразків ОБТ з метою визначення найкращого варіанта пошуку.

В якості результату імітаційного моделювання обирається мінімальний загальний час метрологічного обслуговування зразків ОБТ стосовно заданої кількості випадкових реалізацій. Імітаційну модель побудуємо у складі шести функціональних блоків.

Для визначення випадкового вибору необхідної кількості замовлень на метрологічне обслуговуван-

ня ВЗВТ зразків ОБТ, яка забезпечує позитивну оцінку стану метрологічного забезпечення військових частин (підрозділів) стосовно кількості випробувань N_1 , будемо використовувати блок 1. Для визначення випадкового вибору розподілу різнотипних ВМГ для метрологічного обслуговування військових частин (підрозділів) використовується блок 2. Знаходження найкоротших замкнених маршрутів руху кожної ВМГ за визначеним у попередньому блоці розподілом різнотипних ВМГ за допомогою метода гілок та границь здійснюється у блоці 3. Обчислення загальних вартісних витрат на метрологічне обслуговування та перевірка на їх допустимість здійснюється у блоці 4. Обчислення значень загального часу метрологічного обслуговування, їх порівняння та визначення найменшого значення стосовно кількості випробувань N_2 виконуються у блоці 5, а порівняння результату імітаційного дослідження T_{min} із результатом рішення задачі $T_{Моп}^{PT*}$ - у блоці 6.

Наведемо зміст імітаційної моделі.

В блоці 1 виконуються такі операції. Генеруються випадкові числа $\{\Psi_{iuj}\}; i = \overline{1, |I|}; u = \overline{1, |U|}; j = \overline{1, |J|}$ рівномірно розподіленої на інтервалі (0,1) випадкової величини Ψ за допомогою датчика випадкових чисел ДВЧ(Ψ) та визначаються такі параметри:

$$\lambda_{iuj} := \Psi_{iuj} q_{iuj}; i = \overline{1, |I|}; u = \overline{1, |U|}; j = \overline{1, |J|}; \quad (2)$$

$$\mu_{iu} := \sum_{j=1}^{|J|} \lambda_{iuj}; i = \overline{1, |I|}; u = \overline{1, |U|}; \quad (3)$$

$$\gamma_{iu} := \sum_{j=1}^{|J|} (q_{iuj} - \theta_u d_{iuj}); i = \overline{1, |I|}; u = \overline{1, |U|}; \quad (4)$$

$$\tau_{im} := \frac{1}{K_m} \sum_{p=1}^{P_0} \left(\frac{1}{b_{pm}} \sum_{u=1}^{|U|} \sum_{\substack{j \in I \\ j_{pm} \neq \emptyset}} t_{pj} \lambda_{iuj} \right); i = \overline{1, |I|}; m = \overline{1, m_0}; \quad (5)$$

$$\tau_i = \max_{1 \leq m \leq m_0} \tau_{im}; i = \overline{1, |I|}. \quad (6)$$

Якщо знайдені параметри $\{\lambda_{iuj}\}$ задовольняють співвідношенням

$$\sum_{i=1}^{|I|} \tau_i \leq T_0; \quad (7) \quad \mu_{iu} \geq \gamma_{iu}; i = \overline{1, |I|}; u = \overline{1, |U|}, \quad (8)$$

то в блоці 1 визначається необхідна кількість замовлень за формулами:

$$z_{iuj} := \lfloor \lambda_{iuj} \rfloor; i = \overline{1, |I|}; u = \overline{1, |U|}; j = \overline{1, |J|}; \quad (9)$$

$$r_{ij} = \sum_{u=1}^{|U|} z_{iuj}; i = \overline{1, |I|}; j = \overline{1, |J|}. \quad (10)$$

У протилежному випадку випробування повторюються до виконання співвідношення (7) – (8). Результатом виконання випробувань у блоці 1 є

множина замовлень $\{r_{ij}\}; i = \overline{1, |I|}; j = \overline{1, |J|}$ на метрологічне обслуговування ВЗВТ кожного типу для кожної військової частини (підрозділу).

В блоці 2 виконується випадковий вибір розподілу різнотипних ВМГ таким чином.

1. Спочатку здійснюється випадковий вибір типу ВМГ. Для цього отримуються випадкові числа $\Psi_\ell, \ell = 1, 2, \dots$ рівномірно розподіленої на інтервалі (0,1) випадкової величини Ψ за допомогою ДВЧ (Ψ). Якщо випадкове число Ψ_ℓ потрапляє до інтервалу $((p-1)/P_0, p/P_0)$, то здійснюється перевірка, чи не був цей тип ВМГ обраний раніше. Якщо ні, то обирається ВМГ p -го типу, після чого даний тип виключається із розгляду для таких реалізацій випробувань блоку 1: $P := P \setminus p$, де $P = \{1, \dots, P_0\}$. У протилежному випадку розглядається такий тип ВМГ: $p := p+1$. Якщо всі типи ВМГ розглянуті, то операції, які передбачені в блоці 2 виконуються спочатку.

2. Далі здійснюється випадковий вибір місць дислокації військових частин (підрозділів). Визначаються випадкові числа $\Psi_i, i = 1, 2, \dots$ рівномірно розподіленої на інтервалі (0,1) випадкової величини Ψ за допомогою ДВЧ (Ψ). Якщо випадкове число Ψ_i потрапляє до інтервалу $((i-1)/I_0, i/I_0)$, то проводиться перевірка, чи не було місце дислокації за i -м номером обране раніше. Якщо ні, то з'ясовується, чи спроможна ВМГ p -го типу проводити метрологічне обслуговування ВЗВТ зразків ОБТ, які ще не були обслуговувані у військовій частині, що розглядається. У разі неспроможності ВМГ p -го типу проводити відповідне метрологічне обслуговування обирається інший тип ВМГ. У протилежному випадку здійснюється перевірка, чи використовувалась ВМГ p -го типу раніше. Якщо ні, то місце дислокації за i -м номером закріплюється за даною ВМГ, і у разі метрологічного обслуговування у повному обсязі місце дислокації за i -м номером виключається з списку місць дислокації військових частин (підрозділів): $I := I \setminus i$. Якщо ВМГ даного типу використовувалась раніше, то обирається інший тип ВМГ. Випадкові реалізації у блоці 2 виконуються доки, поки не будуть обслуговані всі військові частини (підрозділи), тобто поки множина I не стане пустою: $I = \emptyset$. Результатом здійснення випробувань у блоці 2 є множини місць дислокації $\{S_{pk}\}; p = \overline{1, P_0}; k = \overline{1, a_p}$ військових частин у регіоні, які розподілені за кожною ВМГ.

В блоці 3 визначаються найкоротші замкнуті маршрути руху кожної ВМГ. У відповідності зі знайденим у блоці 2 розподілом місць дислокації військових частин (підрозділів) для кожної ВМГ вирішується задача комівояжера методом гілок та границь та визначається найкоротший замкнутий маршрут її руху $\{Q_{pk}\}; p = \overline{1, P}; k = \overline{1, a_p}$.

В блоці 4 обчислюються загальні вартісні витрати для знайдених змінних $\{S_{pk}\}$ та $\{Q_{pk}\}$ в блоках 2 та 3 за формулою

$$C_{\text{заг}} = \sum_{p=1}^{P_0} \sum_{k=1}^{a_p} \left[c_{p0} L(Q_{pk}) + \sum_{i \in S_{pk}} \left(\sum_{\substack{j \in J_{pm} \\ J_{pm} \neq \emptyset}} r_{ij} c_{pj} \right) \right] \quad (11)$$

та проводиться наступна перевірка: якщо загальні вартісні витрати не перевищують виділених сумарних коштів, то здійснюється перехід до блоку 5. У протилежному випадку знайдене рішення не задовольняє умовам задачі, і операції, які виконуються в блоках 1 – 3, повторюються.

В блоці 5 здійснюється обчислення загального часу метрологічного обслуговування, його порівняння з попереднім значенням та визначення найменшого значення стосовно кількості випробувань. Загальний час метрологічного обслуговування для знайдених $\{S_{pk}\}$ та $\{Q_{pk}\}$ обчислюється так:

$$T_{\text{моп}} = \max_{\substack{1 \leq p \leq P_0 \\ 1 \leq k \leq a_p}} \left[\sum_{i \in S_{pk}} \max_{1 \leq m \leq m_0} \left(\frac{1}{b_{pm}} \sum_{j \in J_{pm}} r_{ij} t_{pj} \right) + \frac{1}{V_p} L(Q_{pk}) \right] \quad (12)$$

та порівнюється із результатом попередньої реалізації: якщо $T_{\text{мін}} \leq T_{\text{моп}}$, то здійснюється порівняння кількості проведених реалізацій імітаційної моделі із заданою кількістю випробувань N_2 . Якщо $T_{\text{мін}} > T_{\text{моп}}$, то запам'ятовується кращий результат випробувань, а саме $T_{\text{мін}} := T_{\text{моп}}$ та здійснюється чистка масивів: $S_{pk} := \emptyset$; $Q_{pk} := \emptyset$; $p = \overline{1, P_0}$; $k = \overline{1, a_p}$. У разі, якщо кількість проведених реалізацій менше N_2 , то пошук рішення продовжується, інакше здійснюється перехід до блоку 6.

В блоці 6 порівнюється результат імітаційного моделювання $T_{\text{мін}}$ із рішенням $T_{\text{моп}}^{\text{пт*}}$ задачі. Якщо $T_{\text{моп}}^{\text{пт*}} \leq T_{\text{мін}}$ або $|T_{\text{моп}}^{\text{пт*}} - T_{\text{мін}}| < \varepsilon$, то це свідчить на користь достовірності моделі (1). У протилежному випадку, якщо $T_{\text{моп}}^{\text{пт*}} > T_{\text{мін}}$, то слід вважати, що модель (1) не є достовірною.

Для реалізації розробленої моделі будемо використовувати таку процедуру (схема – на рис. 1).

Крок 1. Введення вхідних параметрів:

I ; I_0 ; J ; P ; J_m ; J_{pm} ; U ; d_{ij} ; q_{ij} ; θ_u ; b_{pm} ; P_0 ; a_p ; t_{pj} ; c_{pj} ; c_{p0} ; C_0 ; M ; N_1 ; N_2 ; T_0 ; $T_{\text{моп}}^{\text{пт*}}$; h_{in} ; m_0 ; V_p ; ε ; $J_{mi} := \{j | j \in J_m \wedge r_{ij} \neq 0\}$; $S_{pk} := \emptyset$; $Q_{pk} := \emptyset$; $T_{\text{моп}} := 0$; $T_{\text{мін}} := M$; $\sigma_1 := 0$; $\sigma_2 := 0$; $m = \overline{1, m_0}$; $i = \overline{1, I_0}$; $n = \overline{1, I_0}$; $u = \overline{1, |U|}$; $p = \overline{1, P_0}$; $k = \overline{1, a_p}$.

Крок 2. Розглядається 1 ітерація блоку 1: $\sigma_1 := 1$.

Крок 3. Визначення випадкових чисел $\{\Psi_{iij}\}$ за ДВЧ (Ψ).

Крок 4. Обчислення параметрів за формулами (2) – (6).

Крок 5. Якщо нерівності (7) – (8) задовольняються, то перехід до кроку 9.

Крок 6. Перевірка на кількість проведених реалізацій блоку 1: якщо $\sigma_1 < N_1$, то перехід до кроку 8.

Крок 7. Збільшення кількості випробувань: $N_1 := 2N_1$; перехід до кроку 2.

Крок 8. Наступне випробування: $\sigma_1 := \sigma_1 + 1$; перехід до кроку 3.

Крок 9. Визначення необхідної кількості замовлень згідно співвідношень (9) – (10).

Крок 10. Розглядається 1-й тип ВМГ: $p := 1$.

Крок 11. Визначення випадкових чисел $\{\Psi_{\ell}\}$ за ДВЧ (Ψ).

Крок 12. Визначення інтервалу потрапляння випадкової величини: якщо $\Psi < p/P_0$, то здійснюється перехід до кроку 15.

Крок 13. Розглядається наступний тип ВМГ: $p := p + 1$.

Крок 14. Перевірка: чи всі типи ВМГ розглянуті: якщо $p < P_0$, то здійснюється перехід до кроку 12.

Крок 15. Перевірка: чи була розглянута ВМГ p -го типу, а саме чи $p \in P$. Якщо $p \in P$, то здійснюється перехід до кроку 13.

Крок 16. Виключення типу ВМГ за номером p зі списку: $P := P \setminus p$.

Крок 17. Розглядається перша ВМГ p -го типу: $k := 1$.

Крок 18. Розглядається перше місце дислокації військових частин (підрозділів): $i := 1$.

Крок 19. Визначення випадкових чисел $\{\Psi_i\}$ за ДВЧ (Ψ).

Крок 20. Визначення інтервалу потрапляння випадкової величини: якщо $\Psi < i/I_0$, то здійснюється перехід до кроку 22.

Крок 21. Розглядається наступне місце дислокації військових частин (підрозділів): $i := i + 1$.

Крок 22. Перевірка: чи було розглянуто i -те місце дислокації. Якщо так, здійснюється перехід до кроку 21.

Крок 23. Перевірка спроможності проводити відповідне метрологічне обслуговування виїзною метрологічною групою p -го типу військової частини (підрозділу) згідно i -го номеру дислокації. Якщо ні, то здійснюється перехід до кроку 10.

Крок 24. Перевірка: чи проводилось метрологічне обслуговування військової частини (підрозділу) згідно i -го номеру дислокації ВМГ p -го типу. Якщо так, то здійснюється перехід до кроку 10.

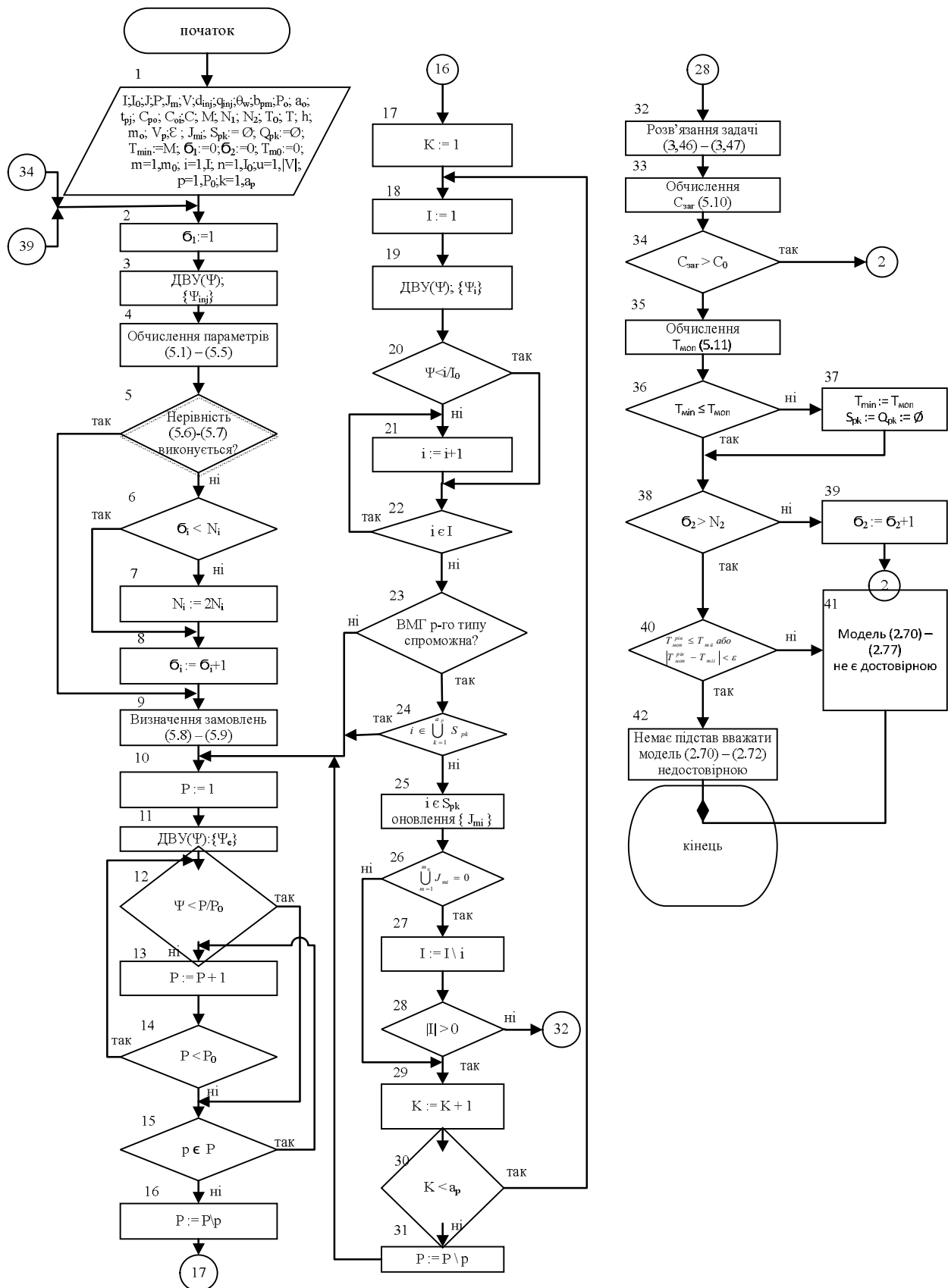


Рис. 1. Схема процедури

Крок 25. Місце дислокації за i -м номером закріплюється за даною ВМГ. Оновлення масивів $\{J_{mi}\}$; $m = 1, m_0$.

Крок 26. Перевірка: чи проведено метрологічне обслуговування у неповному обсязі ВЗВТ з місцем дислокації за i - номером. Якщо ні, то здійснюється перехід до кроку 29.

Крок 27. Місце дислокації за i -м номером виключається зі списку МО: $I := I \setminus i$.

Крок 28. Перевірка: чи розглянуті всі місця дислокації. Якщо так, то переходимо до кроку 32.

Крок 29. Розглядається наступна ВМГ даного типу: $k := k + 1$.

Крок 30. Перевірка: чи розглянуті всі ВМГ даного типу. Якщо $k < a_p$, то переходимо до кроку 18.

Крок 31. ВМГ p – го типу виключаються зі списку: $P := P \setminus p$. Здійснюється перехід до кроку 10.

Крок 32. Розв'язання задачі комівояжера та визначення найкоротшого маршруту руху $\{Q_{pk}\}$; $p = \overline{1, P}$; $k = \overline{1, a_p}$ для кожної ВМГ.

Крок 33. Обчислення загальних вартісних витрат $C_{заг}$ для знайдених $\{S_{pk}\}$ та $\{Q_{pk}\}$ за (11).

Крок 34. Перевірка на допустимість отриманих загальних витрат: якщо $C_{заг} > C$, то здійснюється перехід до кроку 2.

Крок 35. Обчислення часу метрологічного обслуговування $T_{моп}$ для $\{S_{pk}\}$ та $\{Q_{pk}\}$ за (12).

Крок 36. Порівняння значень часу метрологічного обслуговування щодо даної та попередньої випадкових реалізацій процедури: якщо $T_{min} \leq T_{моп}$, то здійснюється перехід до кроку 38.

Крок 37. Запам'ятовується кращий результат випробувань, а саме $T_{min} := T_{моп}$, та здійснюється чистка масивів для наступних випробувань: $S_{pk} := \emptyset$; $Q_{pk} := \emptyset$; $p = \overline{1, P}$; $k = \overline{1, a_p}$.

Крок 38. Перевірка на кількість проведених реалізацій процедури: якщо $\sigma_2 > N_2$, то здійснюється перехід до кроку 40.

Крок 39. Перехід до наступної реалізації процедури: $\sigma_2 := \sigma_2 + 1$ та переходимо до кроку 2.

Крок 40. Перевірка достовірності моделі (1): якщо $T_{моп}^{RT*} \leq T_{min}$ або $|T_{моп}^{RT*} - T_{min}| < \varepsilon$, то здійснюється перехід до кроку 42.

Крок 41. Модель (1) не є достовірною.

Крок 42. Немає підстав вважати модель (1) недостовірною.

Висновки

1. В статті обґрунтована імітаційна модель розв'язання задач планування роботи різнотипних спеціальних та (або) універсальних ВМГ в інформаційній розрахунковій системі метрологічного обслуговування.

2. Імітаційна модель дозволяє визначити оптимальний розподіл різнотипних ВМГ й відповідних маршрутів їх руху за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування зразків ОБТ.

3. Функціональні блоки запропонованої імітаційної моделі, розроблені з використанням методологічних основ інформаційних технологій, дозволяють здійснювати оцінювання достовірності інших математичних моделей планування робіт метрологічних підрозділів ЗСУ.

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. Математична модель планування універсальних виїзних метрологічних груп / Ю.І. Шевяков // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 3 (47). – С. 120-122.

4. Шевяков Ю.І. Метод визначення оптимальних плану розподілу й маршрутів руху різнотипних 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.

Надійшла до редколегії 8.06.2016

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Ю.И. Шевяков

В статье обосновывается имитационная модель задачи планирования работы разнотипных специальных и (или) универсальных выездных метрологических групп.

Ключевые слова: имитационная модель, военные средства измерительной техники, метрологическое обслуживание, выездные метрологические группы.

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN SIMULATION MODELING TASK SCHEDULING OF METROLOGICAL SERVICE

Yu.I. Sheviakov

The article explains the simulation model of planning tasks of the different types of special and (or) the purpose of visiting groups of metrology.

Keywords: simulation model, military means of measuring equipment, metrology, Servicing of, offsite metrology group.