

УДК 519.87:316.458.6

В.Б. Кононов¹, Ю.І. Шевяков¹, Ю.І. Кушнерук¹, Д.А. Філістєєв²¹ Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків² Центральне управління метрології і стандартизації Збройних Сил України
Озброєння Збройних Сил України, Київ

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУ РОЗПОДІЛУ Й ВІДПОВІДНИХ ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ РУХУ ВІЇЗНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ГРУП

В статті запропонована імітаційна модель визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки, описана процедура імітаційної моделі.

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

Вступ

Постановка задачі. Визначення оптимального плану розподілу виїзних метрологічних груп (ВМГ) й відповідних оптимальних маршрутів їх руху до місць дислокації військових частин та підрозділів дозволить суттєво зменшити витрати загального часу метрологічного обслуговування з урахуванням відповідних обмежень на сумарну вартість та транспортних витрат й обсяги робіт щодо замовлень на метрологічне обслуговування військових частин та підрозділів. Це потребує планування управління метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки військового призначення (ЗВТВП), що є важливим науково-технічним завданням, актуальність якого підтверджується необхідністю сучасного метрологічного обслуговування озброєння та військової техніки.

Аналіз літератури. Організація виробничої діяльності військових метрологічних лабораторій в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України розглянуто в [1, 2]. Застосування ВМГ у складі пересувних засобів метрологічного обслуговування викладених в [3, 4]. Математична модель визначення оптимального плану й оптимальних маршрутів руху виїзної метрологічної групи метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки військ (сил) за критерієм мінімуму загального часу розподілу запропонована в статті [5]. 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 надано в статті [6]. Нажаль в статтях [5] й [6] не розглядалися питання, пов'язані з обґрунтуванням достовірності розроблених математичних моделей визначення

оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки. Для з'ясування достовірності математичних моделей в умовах складної організації й приведених о фізичних експериментів доцільно використовувати імітаційне моделювання.

Метою статті є опис розробленої імітаційної моделі визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки.

Основний матеріал

Розглянемо запропоновану в статті [5] математичну модель визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки:

$$\begin{aligned} \max_{\{S_k\}} \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j &\rightarrow \min; \\ S_{k_1} \cap S_{k_2} &= \emptyset; \quad k_1 \neq k_2; \quad \bigcup_{k=1}^K S_k = M; \\ \sum_{k=1}^K \left[c_0 I(s_k) + \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} c_j \right] &\leq C; \quad (1) \\ \sum_{i \in S_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j &\leq T_k^{\Phi}; \quad k = \overline{1, K}, \end{aligned}$$

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 -ої військової частини (підрозділу) у регіоні, що підлягають 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 усіх військових частин (підрозділів);

K – кількість ВМГ у регіоні;

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

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

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

τ_{in} ; $i = \overline{1, I}$; $n = \overline{1, I}$ – час руху ВМГ із i -ої військової частини (підрозділу) у регіоні до n -ої.

Для запропонованої математичної моделі (1) побудуємо імітаційну модель.

Відповідно до вхідних даних математичної моделі (1) відомими є такі значення:

K – кількість ВМГ у регіоні;

r_{ij} ; $i = \overline{1, I}$; $j = \overline{1, J}$ – кількість ЗВТВП j -го типу i -ої 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;

τ_{in} ; $i = \overline{1, I}$; $n = \overline{1, J}$ – час руху ВМГ із i -ої військової частини (підрозділу) у регіоні до n -ої;

обсяги замовлень щодо метрологічного обслуговування ЗВТВП кожного типу військових частин (підрозділів).

В імітаційній моделі пропонується здійснювати пошук та порівняння різних варіантів замкнених маршрутів пересування для кожної ВМГ, що починаються й закінчуються в місцях дислокації виїзних метрологічних груп та проходить скрізь місця дислокації відповідних частин (підрозділів), що потребують метрологічного обслуговування, тільки по одному разу (гамільтонових контурів).

В якості результату імітаційного моделювання обирається множина гамільтонових контурів пересування кожної ВМГ по місцях дислокації частин (підрозділів), що потребують метрологічного обслуговування, для якої загальний час пересування й метрологічного обслуговування є найменшим стосовно заданої кількості прогонів (випадкових реалізацій).

В якості початкових умов для імітаційної моделі, окрім вхідних даних математичної моделі (1), є такі значення:

J – кількість типів ЗВТВП;

$M_k = \{i_{1k}, i_{2k}, \dots, i_{n_k k}\}$ – множина місць дислокації військових частин (підрозділів), які підлягають метрологічному обслуговуванню k -ої ВМГ;

T_3 – загальний час метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки військового призначення та часові транспортні витрати ВМГ (спочатку велике позитивне число);

Ψ – випадкова величина, яка має рівномірний закон розподілу на інтервалі $(0, 1)$;

ДВЧ (Ψ) – датчик випадкових чисел, що відповідає рівномірному закону розподілу на інтервалі $(0, 1)$;

Q – кількість циклів прогонів випадкових реалізацій щодо визначення загального часу метрологічного обслуговування T_3 .

Розглянемо процедуру випадкового вибору місця дислокації військової частини (підрозділу), де буде здійснюватися метрологічне обслуговування ВМГ, яка використовується в імітаційній моделі, що пропонується.

Припустимо, що вибір будь якої військової частини (підрозділу) здійснюється рівномірно із співвідношення:

$$p = \frac{1}{m}, \quad (2)$$

де $m = I - 1$.

Для цього поділимо інтервал $(0, 1)$ на m відрізків, довжини яких дорівнюють p (рис. 1).

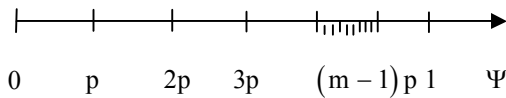


Рис.1. Моделивання дискретної випадкової величини.

Розподіл випадкової величини X , значення якої x_i відповідає вибору $(i + 1)$ -ої військової частини (підрозділу), подано у табл. 1.

Таблиця 1

Розподіл випадкової величини X , значення якої x_i відповідає вибору $(i + 1)$ -ої військової частини (підрозділу).

| | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| x_i | 2 | 3 | ... | m |
| p_i | p | p | ... | p |

Якщо випадкове число Ψ , яке формується ДВЧ, що відповідає рівномірному закону розподілу на інтервалі $(0, 1)$, потрапляє до інтервалу $\left(\left((k-1)p; kp \right) \right)$, то випадкова величина X набуває значення $x_i = i + 1$, де ймовірність потрапляння випадкової величини Ψ в цей інтервал дорівнює:

$$P\left((i-1)p < \Psi < ip \right) = \int_{(i-1)p}^{ip} d\psi = p. \quad (3)$$

Запропонуємо наступну процедуру проведення імітаційного дослідження (схема процедури наведена на рис. 2).

Eman 1. Введення вхідних параметрів:

$$K; I; \left\| \tau_{in} \right\|_{I,I}; l := I - 1; m := I - 1; T_3; c_0;$$

$$t_j, c_j, j = \overline{1, J}; q := 1; Q; \left\| r_{ij} \right\|_{I-1, J};$$

$$S_k := \emptyset; M_k := \emptyset; k = \overline{1, K}.$$

Eman 2. Розглядається перша ВМГ:

$$k := 1.$$

Eman 3. Розглядається кандидат на метрологічне обслуговування – військова частина (підрозділ) за номером 2:

$$i := 2.$$

Eman 4. Визначення значення випадкової величини Ψ за ДВЧ (Ψ):

Eman 5. Визначення інтервалу потрапляння випадкової величини Ψ (вибору військової частини (підрозділу)).

Якщо $\Psi < \frac{i-1}{m}$, то здійснюється перехід до етапу 8.

Eman 6. Розгляд чергового кандидата на метрологічне обслуговування:

$$i := i + 1.$$

Eman 7. Перевірка на попадання випадкової величини Ψ до останнього інтервалу.

Якщо $\Psi < \frac{m-1}{m}$, то здійснюється перехід до етапу 5.

Eman 8. Перевірка попадання i -ої військової частини (підрозділу) на метрологічне обслуговування на попередніх етапах процедури.

Якщо $i \in M_k$; $k = \overline{1, K}$, то здійснюється перехід до етапу 9, в протилежному випадку здійснюється перехід до етапу 10.

Eman 9. Здійснюється перевірка розглянуті чи ні всі ВМГ.

Якщо $k < K$, то $k := k + 1$, в протилежному випадку $k := 1$. Здійснюється перехід до етапу 3.

Eman 10. Включення i – ої військової частини до метрологічного обслуговування k -ою ВМГ, $i \in M_k$. Здійснюється перевірка розглянуті чи ні всі ВМГ.

Якщо $k < K$, то $k := k + 1$, в протилежному випадку $k := 1$.

Eman 11. Визначення кількості військових частин (підрозділів), які не призначені до метрологічного обслуговування $l := I - 1$, й здійснення перевірки – залишилися чи ні кандидати до метрологічного обслуговування серед військових частин (підрозділів).

Якщо $l > 0$, то здійснюється перехід до етапу 3.

Eman 12. Формування множини маршрутів S_k на основі визначення множин M_k :

$$S_k := \left[1, i_{1k}, i_{2k}, \dots, i_{n_k k}, 1 \right]; k = \overline{1, K}.$$

Eman 13. Визначення часу пересування кожної ВМГ.

$$\tau_k = \sum_{i, n \in S_k} \tau_{in}; k = \overline{1, K}.$$

Eman 14. Визначення часу метрологічного обслуговування для кожної ВМГ.

$$T_k := \sum_{i \in M_k} \sum_{j=1}^J r_{ij} t_j; k = \overline{1, K}.$$

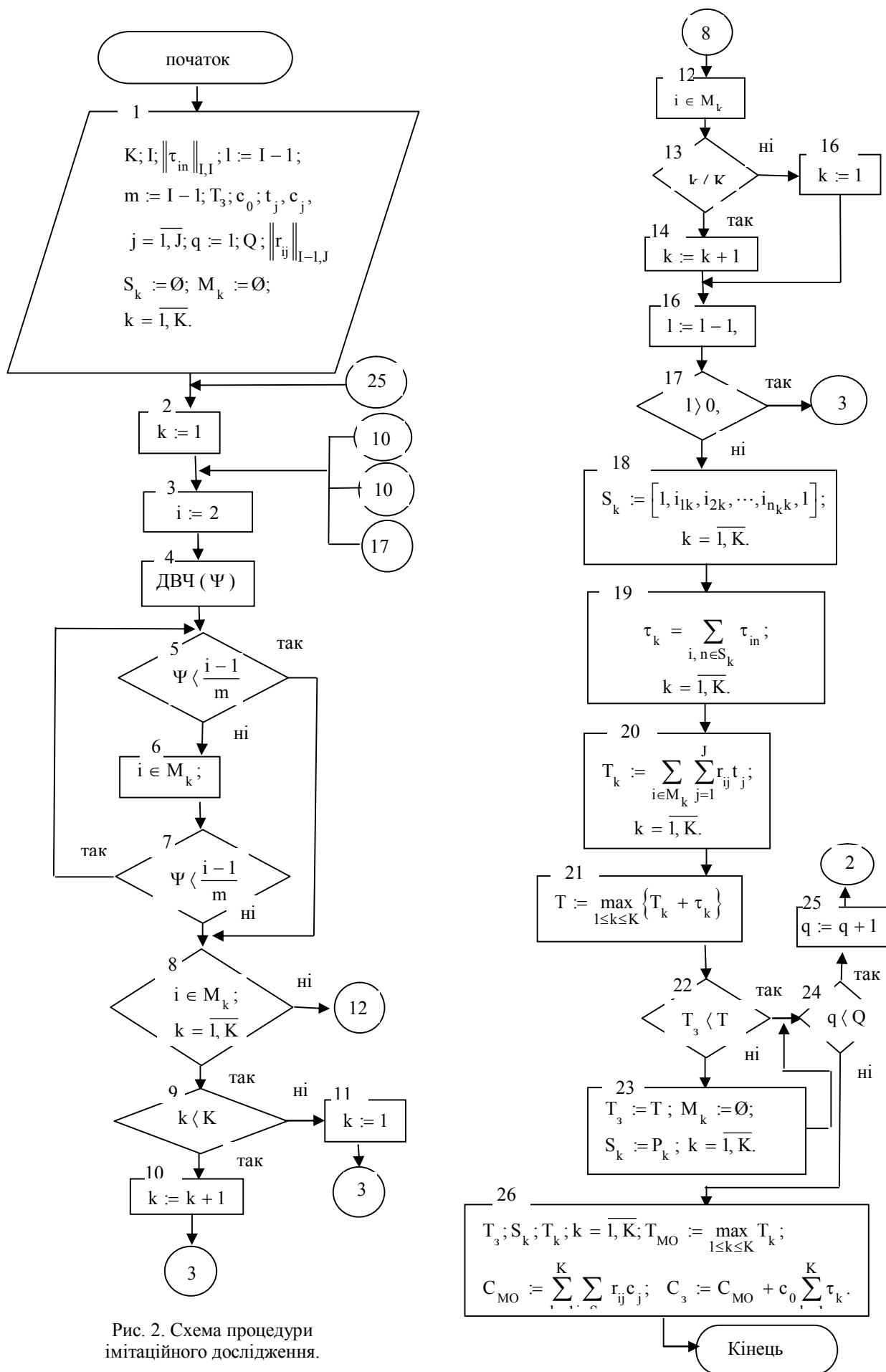


Рис. 2. Схема процедури імітаційного дослідження.

Етап 15. Визначення загального часу метрологічного обслуговування

$$T := \max_{1 \leq k \leq K} \{T_k + \tau_k\}.$$

Етап 16. Перевірка значень цільової функції щодо даної та попередньої випадкових реалізацій процедури.

Якщо $T_3 < T$, то здійснюється перехід до етапу 17, в протилежному випадку $T_3 := T$; $M_k := \emptyset$; $S_k := P_k$; $k = \overline{1, K}$.

Етап 17. Перевірка на кількість проведених випадкових реалізацій процедури.

Якщо $q < Q$, то $q := q + 1$; далі здійснюється перехід до етапу 2.

Етап 18. Формування рішення задачі за імітаційною моделлю:

$$\begin{aligned} & \langle T_3; S_k; T_k; k = \overline{1, K}; \rangle \\ & T_{MO} := \max_{1 \leq k \leq K} T_k; \\ & C_{MO} := \sum_{k=1}^K \sum_{i \in S_k} \Gamma_{ij} c_j; \\ & C_3 := C_{MO} + c_0 \sum_{k=1}^K \tau_k. \end{aligned}$$

Висновки

1. В статті запропонована імітаційна модель визначення оптимального плану розподілу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки.

2. Імітаційна модель заснована на математичній моделі визначення оптимального плану розпо-

ділу й відповідних оптимальних маршрутів руху виїзних метрологічних груп за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки.

3. В імітаційній моделі використовувалось процедура випадкового вибору військової частини (підрозділу) для метрологічного обслуговування.

Список літератури

1. Наказ заступника Міністра оборони з озброєння – начальника Озброєння ЗС України “Про затвердження Керівництва з організації та порядку експлуатації вимірювальної 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. Філістеев // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – № 3(39). – С. 111 – 113.

Надійшла до редколегії 29.10.2014

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

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И СООТВЕТСТВУЮЩИХ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ДВИЖЕНИЯ ВЫЕЗДНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП

В.Б. Кононов, Ю.И. Шевяков, Ю.И. Кушнерук, Д.А. Филистеев

В статье предложена имитационная модель определения оптимального плана распределения и соответствующих оптимальных маршрутов движения выездных метрологических групп по критерию минимума общего времени метрологического обслуживания образцов вооружения и военной техники, описана процедура имитационной модели.

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

SIMULATION MODEL OF DETERMINATION OF OPTIMUM PLAN OF DISTRIBUTING AND PROPER OF OPTIMUM MOTION ROUTES OF DEPARTURE METROLOGY GROUPS

V.B. Kononov, Yu.I. Shevyakov, Yu.Y. Kushneruk, D.A. Filisteev

In the article the simulation model of determination of optimum plan of distributing and proper optimum routes of motion of departure metrology groups is offered on the criterion of a minimum of general time of metrology maintenance of standards of armament and military technique, procedure of simulation model is described.

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