

¹Максим Юрійович Яковлев (д-р техн. наук, с.н.с.)

²Юрій Борисович Прібілев (канд. техн. наук, доцент)

²Віктор Павлович Гудима

¹Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна

²Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

У статті розглянута модель системи відновлення та метрологічного обслуговування військових засобів вимірювальної техніки як багатоканальна система масового обслуговування. Проведений огляд відомих математичних моделей відновлення та метрологічного обслуговування військових засобів вимірювальної техніки, визначена схема організації ремонту та метрологічного обслуговування військових засобів вимірювальної техніки. Наведені аналітичні вирази для розрахунку основних параметрів моделі системи відновлення та метрологічного обслуговування військових засобів вимірювальної техніки.

Розглянути приклади організації відновлення та метрологічного обслуговування військових засобів вимірювальної техніки виїзними метрологічними групами за допомогою пересувних лабораторій вимірювальної техніки та стаціонарно розташованих регіональних метрологічних військових частин та підприємств промисловості.

Ключові слова: військові засоби вимірювальної техніки; система масового обслуговування; пересувні лабораторії вимірювальної техніки; моделювання.

Вступ

Досвід проведення антитерористичної операції (АТО) на сході України показав окремі недоліки організації та проведення технічного забезпечення військ, а саме, метрологічного забезпечення військ. Від засобів вимірювальної техніки військового призначення, від своєчасного їх відновлення після пошкоджень та проведення необхідного метрологічного обслуговування (МОБ), значною мірою за лежать оперативність, необхідні точність і вірогідність отриманої з їх допомогою інформації про технічний стан озброєння та військової техніки (ОВТ) та, як наслідок, боєготовність та боєздатність ОВТ.

Постановка проблеми. Значний вихід з ладу військових засобів вимірювальної техніки (ВЗВТ) у складі ОВТ під час проведення АТО на південному сході України викликає необхідність виконання великого обсягу відновлювальних робіт та МОБ ВЗВТ. При цьому варто відзначити, що час на виконання даних робіт постійно скорочується через те, що підвищується динамічність і швидкоплинність сучасних бойових дій. В результаті, кількість пошкоджених ВЗВТ зростає, а часу на поповнення втрат за рахунок відновлення несправних (пошкоджених) ВЗВТ просто не залишається. У зв'язку з цим, потрібно підвищення оперативності та продуктивності ремонтно-відновлювальних органів, здатних у найкоротші терміни привести ВЗВТ в працездатний стан. Також необхідно науково обґрунтувати та оптимізувати структуру системи відновлення та МОБ ВЗВТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питанням побудови математичних моделей експлуатації та ремонту ЗВТ присвячено багато наукових праць. Методика визначення втрат ЗВТ військового призначення (ЗВТВП) та визначення можливостей військових метрологічних лабораторій (ВМЛ) доступно викладена у [1]. У [2] запропоновано математичну модель визначення оптимального плану й оптимальних маршрутів руху за критерієм мінімуму загального часу розподілу виїзних метрологічних груп (ВМГ) МОБ зразків ОВТ. Обґрунтування складу ВМГ та їх можливостей розглянуто у [3]. У роботах [4,5] викладаються математична модель перевірки (калібрування) і ремонту ЗВТ в місцях дислокації військових підрозділів та виробничі можливості ВМГ. Питання розробки математичних моделей експлуатації ЗВТВП добре проаналізовані у [6]. В [7] за допомогою теорії марковських випадкових процесів побудована математична модель експлуатації перспективного зразка ПЛВТ військового призначення. Але у цих роботах аналіз і порівняння моделей МОБ та відновлення ВЗВТ у стаціонарних умовах та у місцях дислокації військ (сил) з використанням математичного апарату СМО комплексно ще не розглядалися.

Теорія масового обслуговування зобов'язана своїм виникненням практичним завданням, в яких розглядається виконання послідовності однорідних операцій, випадкових по тривалості і часу початку. Перша робота з теорії масового обслуговування [8] написана після дослідження телефонних систем, що характеризується

випадковим потоком викликів абонентів, що вимагають випадкового часу заняття телефонної лінії. У цій ситуації виникла задача розрахунку обсягу телефонного комутатора, при якому ймовірність зайнятості комутатора не вище заданого рівня. З часу появи перших робіт з теорії масового обслуговування коло її застосувань незмірно розширився. У військовій справі методи теорії масового обслуговування можуть бути використані для оцінки ефективності системи протиповітряної оборони, на підставі якої виробляються вимоги до зенітного озброєння, для дослідження ефективності стрільби, для розробки та дослідження якості різних видів систем управління, визначення оптимальної організації системи ремонту ОВТ та ВЗВТ також.

Мета статті полягає в розробці математичної моделі системи відновлення та МОБ ВЗВТ як системи масового обслуговування (СМО).

Виклад основного матеріалу дослідження

Ремонт ВЗВТ – це комплекс заходів (операцій) з відновлення їх справності чи працездатності, доведення технічних параметрів до встановлених норм, відновлення ресурсу виробів або їх складових частин. Ремонт та відновлення ВЗВТ може здійснюватися у спеціалізованих військових ремонтних органах та ремонтних підприємствах, а також у військових метрологічних лабораторіях, що мають штатні ремонтні підрозділи, підготовлених фахівців, необхідне обладнання та документацію. При неможливості відновлення ВЗВТ у ремонтних органах Міністерства оборони України, допускається виконання ремонту на підприємствах – виробниках зазначених ВЗВТ, або інших спеціалізованих підприємствах.

Основне навантаження по відновленню, повірки та калібруванню ВЗВТ пошкодженої бронетанкової техніки та іншого ОВТ несуть пересувні лабораторії виміральної техніки (ПЛВТ) АЗ-2, УА2-4/А,Б та контрольні радіовимірвальні лабораторії КРИЛ-2, які розрізняються, головним чином, складом повірочного і ремонтного устаткування [9]. В Збройних Силах (ЗС) України ПЛВТ побудовані на автомобільному шасі та мають порівняно високу автономність, оперативність передислокації на середні відстані (до 200 – 400 км) при досить низькій вартості їх розробки та експлуатації але непридатні для роботи у важкодоступних районах дислокації військ (сил).

Визначення обсягу ремонтних робіт та відновлення ВЗВТ в обсязі поточного ремонту передбачається здійснювати безпосередньо у зборних пунктах пошкоджених машин (ЗППМ) ВМГ. Роботи з відновлення та МОБ в обсязі середнього ремонту найбільш складних та найбільш пошкоджених зразків ВЗВТ здійснюються силами і засобами ремонтно-відновлювальних батальйонів (полків) (РВБ(П)) та

регіональних метрологічних військових частин (РМВЧ) та ВМЛ видів ЗС України. Найближча до зони АТО РМВЧ – центр військових еталонів у м. Харків. Капітальний ремонт ВЗВТ проводиться на підприємствах промисловості. При проведенні капітального ремонту зразків ОВТ ремонт ВЗВТ, що входять до їх комплекту, повинен організовуватися ремонтним підприємством. Терміни ремонту ВЗВТ, що входять до комплектів ОВТ, визначаються термінами ремонту ОВТ і не повинні їх перевищувати. Таким чином, у загальному вигляді структуру організації відновлення та МОБ ВЗВТ можливо представити у вигляді схеми, зображеної на рис. 1.

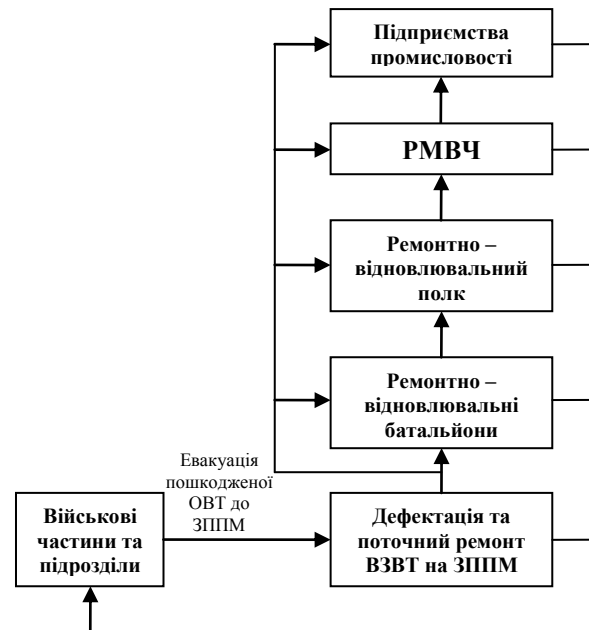


Рис. 1. Загальна схема організації відновлення та МОБ ВЗВТ

В особливий період обсяг робіт з відновлення пошкоджених ВЗВТ зростає в рази та важко прогнозований. Для того, щоб негайно відновлювати пошкоджені ВЗВТ та проводити їх МОБ, необхідно мати ВМГ з ПЛВТ усіх необхідних типів у кожному ЗППМ. Але це не завжди доцільно, тому що їх потужності можуть перевершувати потреби в ремонті. Тому вигідно для відновлення та МОБ певних видів ВЗВТ, що перебувають на озброєнні багатьох підрозділів, мати невелике число спеціалізованих ПЛВТ. Необхідна кількість таких ПЛВТ визначається з розрахунку оптимального навантаження на них, щоб вони не простоювали даремно без роботи, але в той же час і не захилялися в потоці заявок на відновлення та МОБ ВЗВТ.

Вирішити подібне завдання якісними міркуваннями без кількісної оцінки важко. Для вирішення цього завдання доцільно використовувати математичний апарат теорії масового обслуговування, розроблений стосовно до систем з очікуванням при обмеженій кількості обслуговуючих одиниць та розглянутий для оцінки ефективності військової техніки у [10].

Перш ніж вирішити поставлене завдання, необхідно мати певну кількість статистичних даних, до яких слід віднести:

середню тривалість часу, необхідного для дефектації;

середню тривалість проведення основних операцій технологічного процесу відновлення та МОБ ВЗВТ;

час, необхідний для виклику і прибуття ВМГ в підрозділ (або час доставки пошкоджених ВЗВТ до місця відновлення та МОБ) та ін.;

частота пошкоджень та виходу з ладу ВЗВТ.

Після статистичної обробки отриманих даних можна отримати основні параметри, що характеризують систему відновлення та МОБ ВЗВТ.

До них відносяться:

щільність потоку виходу з ладу ВЗВТ (потоку заявок на ремонт та МОБ ВЗВТ);

середній час, необхідний для виклику ВМГ і проведення ремонту та МОБ ВЗВТ.

Визначення передбачуваного потоку виходу з ладу ВЗВТ в особливий період повинно вирішуватися за допомогою різних методів прогнозування, з урахуванням характеру ведення бойових дій (наступ, оборона), що потребує окремих досліджень. При наявності необхідних статистичних даних можна приступити до вирішення завдання.

Позначимо як n - кількість ПЛВТ з відновлення та МОБ певного типу ВЗВТ, які розподілені серед ВМГ в різних частинах і підрозділах. Пошкоджені ВЗВТ відновлюються та проходять МОБ силами ВМГ, що оснащені ПЛВТ, які щоразу можуть направлятися в той чи інший підрозділ, ЗППМ, де є потреба в відновленні та МОБ ВЗВТ.

Відновлення та МОБ ВЗВТ може бути організовані і в стаціонарних, досить потужних лабораторіях (у складі РВБ, РВП, РМВЧ, підприємствах промисловості) з добре організованим технологічним потоком, в які буде доставлятися пошкоджені та несправні ВЗВТ.

В обох випадках час, необхідний для ремонту та МОБ несправних та пошкоджених ВЗВТ, буде складатися по-різному. У першому випадку воно буде складатися з часу, необхідного для виклику ВМГ, її руху до місця відновлення і розгортання, часу, потрібного для проведення дефектації і власне відновлення та МОБ ВЗВТ. У другому випадку воно буде визначатися часом, необхідним для доставки несправних та пошкоджених ОВТ з ВЗВТ в тилової РВБ(П), у РМВЧ або на підприємства промисловості для дефектації, відновлення та МОБ. У розглянутих випадках відповідні складові часу обслуговування будуть різні. Вважаємо, що час обслуговування – випадкова величина з показовим законом розподілу з параметром ν , де: $\nu = \frac{1}{t_p}$,

$$\bar{t}_p = \bar{t}_{\text{вик}} + \bar{t}_{\text{деф}} + \bar{t}_{\text{руху}} + \bar{t}_{\text{розг}} + \bar{t}_{\text{рем}} + \bar{t}_{\text{згор}} \quad (1)$$

$\bar{t}_{\text{вик}}$ – середній час для виклику ВМГ;

$\bar{t}_{\text{деф}}$ – середній час дефектації ВЗВТ;

$\bar{t}_{\text{руху}}$ – середній час руху ВМГ до місця відновлення та МОБ;

$\bar{t}_{\text{розг}}$, $\bar{t}_{\text{згор}}$ – середній час розгортання і згортання ПЛВТ;

$\bar{t}_{\text{рем}}$ – середній час відновлення та МОБ ВЗВТ;

\bar{t}_p – середній загальний час процесу обслуговування пошкоджених ВЗВТ.

За аналогічними виразами можливо визначити \bar{t}_p для стаціонарних РМВЧ, підприємств промисловості.

Потік заявок на відновлення та МОБ обмежений числом частин та підрозділів, на озброєнні яких знаходиться ОВТ з ВЗВТ, та приймається найпростішим. Будемо мати наступні припущення:

моменти виходу з ладу ВЗВТ та надходження до відновлення – події незалежні в непересічні проміжки часу.

вихід з ладу того чи іншого зразка ВЗВТ не залежить від того, скільки їх уже раніше вийшло з ладу.

кількість заявок на відновлення та МОБ ВЗВТ залежить від щільності, таким чином, від середньої очікуваної кількості заявок в одиницю часу λ . Припустимо, що, при наявності заявки на відновлення та МОБ, ВМГ відразу відправляється у відповідну військову частину або підрозділ. Якщо всі ВМГ вже зайняті, то пошкоджені ВЗВТ чекають своєї черги для проведення відновлення та МОБ.

Змоделювати систему відновлення та МОБ ВЗВТ можливо як багатоканальну систему СМО з обмеженою кількістю каналів і накопичувачем необслужених заявок. Використання теоретичного апарату СМО можливо для марковських випадкових процесів, тобто таких процесів, в якому ймовірність переходу системи в новий стан залежить тільки від стану системи зараз і не залежить від того, коли і яким чином система перейшла в цей стан.

Для проведення кількісної оцінки такої СМО можна використовувати наступні залежності [10]:

1. Ймовірність того, що всі майстерні (ВМГ, ВМЛ) вільні від відновлення та МОБ

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^n \frac{m\alpha^i}{i!(m-i)!} + \sum_{i=n+1}^m \frac{m!\alpha^i}{n^{i-n}n!(m-i)!}} \quad (2)$$

де: $\alpha = \frac{\lambda}{\nu}$, λ – параметр потоку надходження заявок на відновлення та МОБ, $\nu = \frac{1}{t_p}$;

\bar{t}_p – середній загальний час відновлення та МОБ пошкоджених та несправних ВЗВТ;

m – кількість зразків ВЗВТ у частинах і підрозділах;

n – кількість ВМГ (ПЛВТ, ВМЛ, технологічних потоків у стаціонарних майстернях)

2. Ймовірність того, що відновленням та МОБ ВЗВТ зайнято i майстерень:

$$P_i = \frac{m! \alpha^i P_0}{n! (m-i)!} \text{ при } 1 < i \leq n. \quad (3)$$

3. Та ж ймовірність за умови $i > n$

$$P_i = \frac{m! \alpha^i P_0}{n^{i-n} n! (m-i)!} \quad (4)$$

4. Ймовірність того, що всі майстерні зайняті ремонтом та МОБ ВЗВТ, або ймовірність відмови у негайному відновленні

$$P_n = \frac{m! \alpha^n P_0}{n! (m-n)!} \quad (5)$$

5. Середня кількість ВЗВТ, що проходять ремонт та МОБ і очікують відновлення

$$M_1 = \left[\sum_{i=1}^n \frac{m \alpha^i}{(i-1)!(m-i)!} + \sum_{i=n+1}^m \frac{i m! \alpha^i}{n^{i-n} n! (m-i)!} \right] P_0 \quad (6)$$

6. Середня кількість ВЗВТ, які очікуватимуть відновлення та МОБ (середня довжина черги) з причини зайнятості майстерень:

$$M_2 = \sum_{i=n+1}^m \frac{(i-n) m! \alpha^i}{n^{i-n} n! (m-i)!} P_0 \quad (7)$$

7. Середній відсоток ВЗВТ, що очікує відновлення та МОБ:

$$K_1 = \frac{M_2}{m} 100\% = \sum_{i=n+1}^m \frac{(i-n)(m-i)! \alpha^i}{n^{i-n} n! (m-i)!} P_0 100\% \quad (8)$$

8. Середня кількість вільних від відновлення та МОБ майстерень:

$$M_3 = \sum_{i=0}^r \frac{(n-i) m! \alpha^i}{i! (m-i)!} P_0 \quad (9)$$

9. Відсоток простою майстерень:

$$K_2 = \frac{M_3}{n} 100\% = \left[\sum_{i=0}^{n-1} P_i - \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} i P_i \right] 100\% \quad (10)$$

Розглянемо приклади. Припустимо, що є три ПЛВТ ($n=3$) для відновлення 10 зразків ВЗВТ ($m=10$). За досвідом бойових дій, при знаходженні військ (сил) у обороні в середньому один раз на місяць кожен із зразків ВЗВТ може бути пошкоджений: $\lambda=1$. Для виклику ВМГ і відновлення ВЗВТ в середньому потрібно шість днів, тобто $\nu=5$. Необхідно визначити основні характеристики системи відновлення та МОБ ВЗВТ.

Визначимо ймовірність того, що всі ПЛВТ вільні від відновлення та МОБ. Розрахуємо величину $\alpha = \frac{\lambda}{\nu} = 0,2$ і внесемо у табл.1

результати обчислень. З табл. 1 випливає, що ймовірність того, що всі ПЛВТ будуть вільні від відновлення, дорівнює $P_0=0,155$. Це означає, що до 5 днів на місяць ПЛВТ будуть не завантажені. Однак це не означає, що не буде "черги" ВЗВТ, що вимагає відновлення. Довжина такої черзі, звичайно, в різні періоди може бути різною, але у середньому число зразків ВЗВТ, що очікують відновлення, дорівнює $M_2=0,16$ зразків.

Таблиця 1

i	P_i	iP_i	P_i/P_0	$(i-n)P_i$	$(n-i)P_i$
0	0,15458	0	1	-	0,4644
1	0,3096	0,3096	2	-	0,6192
2	0,2786	0,5572	1,8	-	0,2787
3	0,1486	0,4458	0,96	-	0
4	0,0693	0,2772	0,448	0,0693	-
5	0,0277	0,1385	0,179	0,0554	-
6	0,0087	0,0522	0,056	0,0261	-
7	0,0018	0,0126	0,012	0,0072	-
8	0,0004	0,0032	0,0025	0,0020	-
9	0,0001	0,0009	0,0004	0,0006	-
10	0	0	0	0	-
	$\Sigma=1$	$M_1=1,7972$	$\Sigma=6,4579$	$M_2=0,1606$	$M_3=1,3622$

Звідси середній відсоток ВЗВТ, що очікує ремонту, дорівнює

$$K_1 = \frac{M_2}{m} 100\% = 1,6\%$$

Середня кількість вільних від ремонту ПЛВТ дорівнює $M_3=1,36$ ПЛВТ, а коефіцієнт простою дорівнює

$$K_2 = \frac{M_3}{n} 100\% = \frac{1,36}{3} 100\% = 46\%$$

Визначимо середню кількість зразків ВЗВТ, яке або знаходиться на відновленні, або очікує відновлення та МОБ, що визначає середню кількість небоездатних зразків ОВТ: $M_1=1,79$ зразків.

Звідси середній відсоток небоездатного ОВТ дорівнює

$$K_3 = \frac{M_1}{m} 100\% = 17,9\%$$

Це відносно високий відсоток небоездатності, і визначається він, в основному, часом знаходження ВЗВТ для відновлення (відсоток ВЗВТ, що очікує відновлення, невеликий: $i=1,6\%$).

Розглянемо інший приклад для тих же умов, але при іншому організованому відновленні та МОБ ВЗВТ. Замість трьох ПЛВТ для ремонту обслуговування ВЗВТ розглянемо одну РМВЧ з трьома добре організованими технологічними потоками. Але в цьому випадку середній час доставки несправних ВЗВТ в РМВЧ в кілька разів більше, ніж час виклику та приїзду в підрозділ ВМГ. Та, незважаючи на зменшення терміну власне відновлення та МОБ, загальний час знаходження ВЗВТ в процесі відновлення та МОБ збільшується в 2,5 рази. Тоді $\nu = 2$ зразка/місяць, $\alpha = 0,5$. Необхідні розрахунки представимо у вигляді табл. 2.

З даних табл.3 можна побачити, що у зв'язку із загальним зниженням пропускної здатності ремонтно-відновлювальних органів різко збільшилася їх завантаженість при незмінній щільності надходження заявок на відновлення та МОБ ВЗВТ: ймовірність простою без відновлення та МОБ усіх ПЛВТ (технологічних потоків у РМВЧ) P_0 зменшилася в 16 разів, число вільних від ремонту та МОБ ПЛВТ (технологічних потоків у РМВЧ) M_3 – зменшилось більш ніж у 5 разів. Зате різко збільшилася середня кількість небоездатного ОВТ з $K_1=17,9\%$ до $K_1=44\%$. При веденні наступальних дій військами (силами) різко зростає інтенсивність пошкоджень ВЗВТ.

Таблиця 2

i	P _i	iP _i	P _i /P ₀	(i-n)P _i	(n-i)P _i
0	0,01	0	1	-	0,30
1	0,051	0,051	5	-	0,102
2	0,115	0,230	11,25	-	0,115
3	0,153	0,459	15,0	-	0
4	0,178	0,712	17,5	0,178	-
5	0,178	0,890	17,47	0,356	-
6	0,149	0,794	14,56	0,447	-
7	0,099	0,693	9,7	0,396	-
8	0,050	0,4	4,85	0,250	-
9	0,016	0,144	1,58	0,096	-
10	0,003	0,03	0,28	0,021	-
	Σ=1,002	M ₁ =4,403	Σ=98,19	M ₂ =1,744	M ₃ =0,247

Для порівняння результати зведені у табл. 3.

Таблиця 3

	P ₀	M ₂	K ₂ %	M ₃	K ₃ %	M ₁	K ₁ %
ПЛВТ	0,155	0,16	1,6	1,36	46	1,79	17,9
РМВЧ	0,01	0,051	17,4	0,25	25	4,4	44

Стосовно до випадку обслуговування частин і підрозділів ВМГ покладемо, що потік вимог на відновлення та МОБ збільшився в 5 разів. Порівняльні результати наведемо у табл.4

Таблиця 4

Значення λ	P ₀	M ₂	K ₂ %	M ₃	K ₃ %	M ₁	K ₁ %
λ=0,2	0,155	0,16	1,6	1,36	46	1,79	17,9
λ=1	0,005	4,02	40,2	0,12	0,4	7,0	70

Література

1. Кононов В. Б. Методика прогнозування можливостей метрологічних підрозділів з відновлення пошкоджених засобів вимірювальної техніки військового призначення [Текст] / В. Б. Кононов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – № 8. – С. 231–234.
 2. Кононов В. Б. Математична модель задачі визначення оптимального плану розподілу й оптимальних маршрутів руху виїзної метрологічної групи за критерієм мінімуму загального часу метрологічного обслуговування [Текст] / В. Б. Кононов, Ю. І. Шевяков, Д. А. Філістеев // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – № 3. – С. 111–113.
 3. Кононов В. Б. Обґрунтування складу виїзних метрологічних груп та їх можливостей [Текст] / В. Б. Кононов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – № 4. – С. 87–89.
 4. Півнев Д. А. Математична модель повірки (калібрування) і ремонту засобів вимірювальної техніки в місцях дислокації військових підрозділів [Текст] / Д. А. Півнев, С. В. Герасимов, А. О. Подорожняк // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 4. – С. 151–154.
 5. Борисенко М. В. Розробка моделі повірки (калібрування) і ремонту засобів вимірювальної техніки у місцях дислокації військових підрозділів [Текст] / М. В. Борисенко, О. Ф. Дяченко, О. І. Лещенко, М. Ю. Яковлев // Військово-технічний збірник Академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. – 2011. – № 1(4). – С. 174–177.
 6. Яковлев М. Ю. Система математичних моделей експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення [Текст] / М. Ю. Яковлев, О. І. Прітирка, О. Є. Семенова, Я. В. Бабій // Військово-технічний збірник Академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. – 2011. – № 1(4). – С. 149–154.
 7. Демідов Б. О. Математична модель експлуатації перспективного зразка пересувної лабораторії вимірювальної техніки військового призначення [Текст] / Б. О. Демідов, М. В. Борисенко, М. П. Савченко, В. В. Герасимов // Системи обробки інформації. – 2013. – Вип. 6. – С. 66–70.
 8. Erlang A. K. Solution of some problems in the theory of probabilities of significance in automatic telephone exchanges, / A. K. Erlang // The Post Office Electrical Engineers Journal, 1918, 10, pp. 189–197.
 9. Кузнецов І. Б. Удосконалення парку пересувних лабораторій вимірювальної техніки як фактор підвищення оперативності та ефективності метрологічного обслуговування складних систем [Текст] / І. Б. Кузнецов, В. Т. Марценківський, О. В. Буяло, В. О. Проценко, О. В. Ярошенко // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ. – 2011. – Вип. №32. – С. 38–46.
 10. Чуев Ю. В. Основы исследования операций в военной технике [Текст] / Ю. В. Чуев, П. М. Мельников, С. И. Петухов, Г. Ф. Степанов. – М.: Изд-во “Советское радио”, 1965. – 592 с.

З аналізу табл. 4 побачимо, що різко збільшилось завантаження ПЛВТ. В останньому випадку особовий склад ВМГ практично не матимуть вільного часу. Але незважаючи на це, відсоток несправних ВЗВТ та, відповідно, необездатного ОВТ різко збільшиться - з 18% до 70%. Можна зробити висновок, що в останньому випадку наявної кількості ПЛВТ явно недостатньо для відновлення та МОБ пошкоджених ВЗВТ.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, цією методикою можна скористатися для моделювання системи ремонту та МОБ ВЗВТ, оцінки впливу на пропускну здатність ремонтно-відновлювальних органів вдосконалення технології відновлення та МОБ ВЗВТ (зменшення часу дефектації ВЗВТ, тривалості проведення основних операцій технологічного процесу відновлення та МОБ ВЗВТ), час руху ВМГ до місця відновлення та МОБ ВЗВТ, часу розгортання і згортання ПЛВТ та інших факторів. На підставі різних критеріїв оптимізації можна знайти оптимальну модель відновлення та МОБ ВЗВТ, визначити доцільну кількість різних видів ПЛВТ і ефективність введення нових методів відновлення та МОБ ВЗВТ. У подальшому доцільно порівняти ефективність одноканальної та багатоканальної СМО та провести розрахунки щодо оптимальної кількості каналів СМО.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЙСКОВЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

¹Максим Юрьевич Яковлев (д-р техн. наук, с.н.с.)
²Юрий Борисович Прибылев (канд. техн. наук, доцент)

²Виктор Павлович Гудыма¹Академия сухопутных войск имени гетмана Петра Сагайдачного, Львов, Украина²Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье рассмотрена модель системы восстановления и метрологического обслуживания войсковых средств измерительной техники как многоканальная система массового обслуживания. Проведен обзор известных математических моделей восстановления и метрологического обслуживания войсковых средств измерительной техники, определена схема организации восстановления и метрологического обслуживания войсковых средств измерительной техники. Приведены аналитические выражения для расчета основных параметров модели системы восстановления и метрологического обслуживания войсковых средств измерительной техники.

Рассмотрены примеры организации восстановления и метрологического обслуживания войсковых средств измерительной техники выездными метрологическими группами с помощью передвижных лабораторий измерительной техники и стационарно расположенных региональных метрологических воинских частей и предприятий промышленности.

Ключевые слова: войсковые средства измерительной техники; система массового обслуживания; передвижные лаборатории измерительной техники; моделирование.

THE USE OF WAITING THEORY FOR MODELING THE RECOVERY AND METROLOGICAL SERVICE OF MILITARY MEASURING EQUIPMENT SYSTEM

¹Maksym Y. Yakovlev (Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow)²Yurii B. Pribyliev (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)²Victor P. Hudyma¹Army Academy named after hetman Petro Sahaydachnyi, Lviv, Ukraine²National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The article describes the recovery and metrological service of military measuring equipment system as multichannel queuing system. The review of known mathematical models of recovery and metrological service of military measuring equipment was conducted. The scheme of recovery and metrological service of military measuring equipment was defined. The analytical expressions for calculating the basic parameters of the recovery and metrological service of military measuring equipment system were given.

The organization examples of the recovery and metrological service of military measuring equipment by mobile metrology groups with the help of mobile measuring techniques laboratories and with the help of permanently located regional metrological military units and industrial enterprises were considered.

Keywords: army measuring equipment; queuing system; mobile measuring equipment laboratories; modeling.

References

- Kononov V. B.** (2011), Methods of forecasting capabilities of metrological units to restore damaged military measuring equipment. [Metodyka proghnozuvannya mozhlyvostey metrologichnykh pidrozdiliv z vidnovlennja poshkozhenykh zasobiv vymirjuvalnoji tekhniki vijsjkovogo pryznachennja], Aviatsionno-kosmicheskaya tehnika i tehnologiya, Vol. 8, pp. 231–234.
- Kononov V. B.**, Sheviakov Y. I., Filisteev D. A. (2014), A mathematical model of the problem of determining the optimal plan distribution and optimal routes for mobile metrology groups of the criterion of minimum total time metrological service [Matematychna modelj zadachi vyznachennja optymaljnogo planu rozpodilu j optymalnykh marshrutiv rukhu vyjznoji metrologichnoji ghrupy za kryterijem minimumu zaghaljnogo chasu metrologichnogo obslughovuvannja], Oruzhie systemy i voennaya tehnika, Vol. 3, pp. 111–113.
- Kononov V. B.** (2011), Justification of the field of mobile metrology groups and their capabilities [Obgruntuvannya skladu vyjznoji metrologichnykh ghrup ta jikh mozhlyvostej], Aviatsionno-kosmicheskaya tehnika i tehnologiya, Vol. 4, pp. 87–89.
- Pivnev D. A.**, Gerasimov S. V., Podorozhnyak A. A. (2010), Mathematical model calibration and repair of measuring instruments in the locations of military units [Matematychna modelj povirky (kalibruvannja) i remontu zasobiv vymirjuvalnoji tekhniki v miscjakh dyslokaciji vijsjkovykh pidrozdiliv], Systemy ozbrojennja i vijsjkova tekhnika, Vol. 4, pp. 151–154.
- Borysenko M. V.**, Dyachenko O. F., Leshchenko A. I., Yakovlev M. Y. (2011), Development of model calibration and repair of measuring instruments in the locations of military units [Rozrobka modeli povirky (kalibruvannja) i remontu zasobiv vymirjuvalnoji tekhniki u miscjakh dyslokaciji vijsjkovykh pidrozdiliv] Vjsjkovo-tekhnichnyj zbirnyk Akademiji Sukhoputnykh vijsjk imeni ghetmana Petra Saghaidachnogo, Vol. 1(4), pp. 174–177.
- Yakovlev M. Y.**, Prityrka A. I., Semenov O. E., Babiy Y. V. (2011), System of mathematical models of using of military measuring devices [Systema matematychnykh modelj ekspluataciji zasobiv vymirjuvalnoji tekhniki vijsjkovogo pryznachennja], Vjsjkovo-tekhnichnyj zbirnyk Akademiji Sukhoputnykh vijsjk imeni ghetmana Petra Saghaidachnogo, Vol. 1(4), pp. 149–154.
- Demidov B. O.**, Borisenko M. B., Savchenko M. P., Gerasimov S. V. (2013), Mathematical model of using of prospective military mobile laboratory measuring equipment. [Matematychna modelj ekspluataciji perspektynogho zrazka peresuvnoji laboratoriji vymirjuvalnoji tekhniki vijsjkovogo pryznachennja], Systemy obrobky informaciji, Vol. 6, pp. 66–70.
- Erlang A. K.** (1918) Solution of some problems in the theory of probabilities of significance in automatic telephone exchanges, The Post Office Electrical Engineers Journal, Vol. 10, pp. 189–197.
- Kuznecov I. B.**, Marcenkivskij V. T., Bujalo O. V., Procenko V. O., Jaroshenko O. V. (2011), Improvements of the park mobile laboratories measuring equipment as a factor in increasing the efficiency and effectiveness of metrological service of complex systems [Udoskonalennja parku peresuvnykh laboratorij vymirjuvalnoji tekhniki jak faktor pidvyshhennja operatyvnosti ta efektyvnosti metrologichnogo obslughovuvannja skladnykh system], Zbirnyk naukovykh pracj Vijsjkovogo instytutu Kyjivskogho nacionaljnogho universytetu imeni Tarasa Shevchenka, Kyiv, VIKNU, Vol. 32, pp. 38–46.
- Chuev Y. V.**, Melnikov P. M., Petuhov S. I., Stepanov G. F. (1965), Fundamentals of operations research in military equipment [Osnovy issledovaniya operatsiy v voennoy tehnike], Moscow, Yzd-vo “Sovetskoe radio”, – 592 p

Отримано: 04.03.2015 року