УДК 355.423:623.486

Юрій БАРАНОВ
Національна академія Сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ОБ'ЄКТІВ І ШЛЯХИ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

У статті проведений аналіз сучасних наукових підходів щодо управління технічним станом об'єктів і шляхи їх удосконалення. Визначено протиріччя між необхідністю отримання більш адекватних математичних моделей і методики оптимізації технічного обслуговування та відновлення з урахуванням умов експлуатації зразків військової техніки в умовах бойових дій.

Ключові слова: *військова техніка, технічний стан, технічне обслуговування, відновлення.*

Вступ. Задача обґрунтування раціональних параметрів технічного обслуговування та ефективного відновлення з урахуванням структури об'єкта, експлуатаційних факторів, негативний вплив яких значно підсилюється в умовах ведення бойових дій є складовою частиною загальної проблеми забезпечення надійності та підтримання працездатного стану військової техніки й вимагає для її вирішення застосування статистичних і теоретико-ймовірнісних методів дослідження.

Постановка проблеми у загальному вигляді. На сьогодні відомо небагато моделей процесу функціонування об'єктів профілактики та

© Баранов Ю.

відновлення, яких недостатньо для дослідження технічного обслуговування і відновлення наявних і, тим більше, перспективних зразків військової техніки з урахуванням реальних умов бойових дій і факторів експлуатації. Відсутні узагальнені математичні моделі, які описують широкі класи об'єктів, що обслуговуються і відновлюються, тому поки неможливо дати чітку класифікацію моделей оптимальної профілактики та відновлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких розглядається дана проблема та на які опирається автор. Одну з перших спроб рішення задачі оптимальної профілактики стосовно такого специфічного класу військової техніки, як інженерна техніка було зроблено в роботі П. Біркова [1], в якій об'єкт профілактики подано одним структурним елементом, як єдине ціле. При цьому припускається, що в об'єкті виникає тільки один тип несправностей, пов'язаних зі зношуванням або поступовою зміною параметра. Цей тип несправностей, якщо не вжити заходів для їх усунення, призводить до відмови об'єкта.

Урахування технічного стану об'єкта здійснено в роботі О. Волоха [2], де пропонується для обслуговування окремих підсистем військової техніки використовувати прогресивний метод технічного обслуговування – за станом з контролем рівня надійності. Реалізація цього методу полягає в удосконаленні методик визначення оптимальних значень періодичності контролю та обслуговування зразків техніки під час їх використання за призначенням з урахуванням технічного стану і почасової надмірності. Однак не розглядалась можливість коректування періодичності проведення профілактичних робіт в умовах ведення бойових дій і своєчасність відновлення військової техніки, що вийшла з ладу через бойові пошкодження та збільшення інтенсивності використання за призначенням.

У роботі П. Опенька [3], що присвячена проведенню технічного обслуговування авіаційної техніки, обґрунтована методика прогнозування довговічності озброєння зенітних ракетних військ у процесі експлуатації за технічним станом, що безумовно враховує технічний стан об'єктів у визначений час для подальшого прогнозування про-

ведення профілактичних заходів. Однак це практично не впливає на ефективність процесу управління технічним станом через не врахування можливості своєчасного відновлення в цьому процесі.

У роботі М. Шапталенка [4], що присвячена підвищенню ефективності відновлення БТОТ на основі моделей прогнозування визначеного об'єму ремонтного фонду та можливостей ремонтно-відновлювальних органів щодо його відновлення. Проте ці моделі були побудовані для досить масштабних бойових дій і не повною мірою враховували особливості сучасних стабілізаційних операцій і досвід АТО.

У роботі О. Воробйова [5] запропоновані методики обґрунтування раціонального складу та способів використання ремонтно-відновлювальних органів, що суттєво підвищує ефективність процесу відновлення військової техніки. На відміну від сучасних методик "децентралізованого" застосування сил та засобів відновлення, де не враховувались значні витрати часу та ресурсів на суміщення, удосконалені методики обґрунтовують і повною мірою враховують умови раціонального застосування сил та засобів ремонтно-відновлювальних органів, а також визначають умови за яких вони та система відновлення загалом будуть максимально завантажені в умовах бойових. Однак у цій роботі не враховуються умови управління технічним станом окремих зразків військової техніки, тобто їх завчасного технічного обслуговування і прогнозування відмови.

Метою статті є проведення аналізу сучасних наукових підходів щодо управління технічним станом об'єктів та шляхи їх удосконалення. Визначення протиріччя між необхідністю отримання більш адекватних математичних моделей і методики оптимізації технічного обслуговування та відновлення, що максимально враховують реальні фактори й умови експлуатації зразків військової техніки в умовах бойових дій, і можливістю практичного використання отриманих теоретичних результатів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведений аналіз сучасних моделей технічного обслуговування та відновлення, питань, пов'язаних з оптимізацією обслуговування та відновлення показав, що отримані до теперішнього часу наукові результати у даній предметній

галузі мають велике теоретичне значення. Водночас, вони мають ряд недоліків, які у багатьох випадках обмежують можливість їх практичної реалізації для дослідження технічного обслуговування та відновлення зразків військової техніки. З одного боку, вузькість багатьох постановок задач, прийняття досить жорстких обмежень і припущень призводять до відірваності від практики й особливостей сучасних бойових дій, а з другого – спроби наблизити моделі до реальних процесів і об'єктів, як правило, суттєво ускладнюють математичний апарат і призводять до громіздких результатів, що не знаходять практичного застосування.

Отже, визначене протиріччя між необхідністю отримання більш адекватних математичних моделей і методик оптимізації технічного обслуговування та відновлення, що максимально враховують реальні фактори й умови експлуатації зразків військової техніки в умовах бойових дій, і можливістю практичного використання отриманих теоретичних результатів.

Проводиться декомпозиція зразків військової техніки на окремі підсистеми з обґрунтуванням вибору для них відповідних стратегій управління технічним станом на основі удосконалення процесів технічного обслуговування і відновлення.

Декомпозиція зразка військової техніки на сукупність взаємопов'язаних підсистем проводиться на підставі:

визначення функціонального призначення, улаштування і умов роботи підсистем;

аналізу відмов і несправностей, а також факторів, що впливають на працездатність підсистеми;

аналізу контролепридатності й функціональної значущості підсистем;

аналізу можливості застосування методів і засобів контролю.

Ураховуючи вищесказане, можливо представити військову техніку, як сукупність функціонально поєднаних підсистем та елементів.

Аналіз досвіду експлуатації в умовах бойових дій і випробувань військової техніки дозволив розподілити у відсотковому відношенні кількість несправностей і відмов між підсистемами військової техніки (див. таблицю).

Таблиця

Розподіл несправностей і відмов між підсистемами військової техніки

Найменування підсистеми	Відсоток відмов і несправностей, %
Силова установка	25–30
Трансмісія	5–10
Ходова частина	10–12
Електрообладнання	10–15
Робоче обладнання	25–30
Інші підсистеми	2–3

Ураховуючи дані таблиці, можливо виділити підсистеми з високим відсотком відмов і несправностей (силова установка, робоче обладнання) і згрупувати інші підсистеми з малим відсотком відмов та несправностей. У результаті проведеної декомпозиції типового зразка військової техніки отримаємо сукупність підсистем, вихід у непрацездатний стан однієї з яких обумовлює непрацездатний стан зразка в цілому: силова установка; трансмісія та ходова частина; електрообладнання; робоче обладнання.

Для вибору найбільш доцільної стратегії технічного обслуговування та відновлення для відповідної підсистеми зразка військової техніки використаємо коефіцієнт характеру відмов – показник, який показує частку поступових відмов у загальній кількості відмов підсистеми A за деякий тривалий період експлуатації T_5 [6]:

$$A(T_e) = \frac{1}{\lambda T_{cp}}\left(1 - R^2\right) - \left(\frac{R}{\lambda T_{cp}} - \frac{1}{\lambda T_{cp}}\right)^2, \qquad (1)$$

де T_{cp} – математичне очікування часу між поступовими відмовами; T_e – період експлуатації; λ – інтенсивність відмов.

$$R = \frac{\left[0,5 - \Phi\left(\frac{\sigma^2\lambda - T_{cp}}{\sigma}\right)\right]}{0,5 + \Phi\left(\frac{T_{cp}}{\sigma}\right)} \exp\left[0,5\lambda\left(\sigma^2\lambda\text{-}2T_{cp}\right)\right]. \qquad (2)$$

У формулі (2) позначено: $\Phi(x)$ – табульована функція Лапласа

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^x \exp(-\frac{t^2}{2})dt.$$

Аналіз статистичних даних щодо характеру виникнення відмов зразків ВТ [7; 8; 9-11] дозволяє розрахувати коефіцієнт *A* для кожної з обраних підсистем. Розрахунки показали, що $A(T_e)$ приймає такі значення:

для силової установки – 0,3–0,4;

для трансмісії та ходової частини – 0,25–0,35;

для електрообладнання – 0,1–0,15;

для робочого обладнання – 0,4–0,5.

Значення коефіцієнта характеру відмов дозволяє судити про доцільність і ефективність проведення технічного обслуговування. Чим більше значення $A(T_e)$, тим більшу кількість потенційних відмов може бути виявлено й попереджено, тим вища ефективність профілактики.

Як видно із розрахунків, найбільше значення $A(T_e)$ мають такі підсистеми військової техніки, як силова установка та робоче обладнання, для обслуговування яких можливо використовувати стратегію технічного обслуговування за станом. Кінцеве рішення про вибір стратегії технічного обслуговування (із періодичним обслуговуванням чи за станом) може бути прийнято на основі виявлення у підсистемах параметрів, які можливо контролювати та за характером їх зміни судити про технічний стан підсистеми. Проведений аналіз показав, що такі параметри можливо виділити у робочому обладнанні, а саме:

робочий тиск у гідравлічний системі;

ступінь забруднення робочої рідини;

швидкість зміни температури гідравлічних машин;

швидкість переміщення виконавчих органів.

В інших підсистемах таких параметрів не виявлено. Отже, можливо зробити висновок:

типовий зразок військової техніки може бути представлений чотирма функціонально закінченими підсистемами, які суттєво відрізняються між собою показником безвідмовності та коефіцієнтом характеру відмов, що характеризує співвідношення між поступовими та раптовими відмовами підсистеми за деякий тривалий період експлуатації T_e;

для робочого обладнання доцільно призначити стратегію обслуговування за станом, для інших підсистем (силової установки, трансмісії та ходової частини, електрообладнання) – стратегію із періодичним технічним обслуговуванням.

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок у даному напрямі. Результати досліджень, що отримані в попередніх підрозділах роботи, дозволяють реалізувати найбільш ефективний підхід до дослідження функціонування зразка військової техніки, як складної технічної системи, сутність якого полягає у розбитті зразка на окремі закінчені функціональні підсистеми, які в структурній схемі надійності системи з'єднані послідовно. При цьому вводиться припущення про незалежність відмов, що виникають у системі. Тоді для обслуговування кожної підсистеми зразка військової техніки можливо обрати найбільш доцільну стратегію технічного обслуговування та відновлення з оптимальним значенням періодичності обслуговування і раціональної організації процесу відновлення.

Список використаної літератури

1. Бирков В. П. Обеспечение надежности машин инженерного вооружения при эксплуатации / В. П. Бирков. – М. : Воениздат, 1985. – 280 с.

2. Волох О. П. Методика обґрунтування раціональних значень параметрів технічного обслуговування машин інженерного озброєння при їх використанні за призначенням : дис. … канд. техн. наук / О. П. Волох. – Кам'янець-Подільський, 2007. – 175 с.

3. Опенько П. В. Методика прогнозування довговічності озброєння зенітних ракетних військ при експлуатації за технічним станом : дис. ... канд. техн. наук / П. В. Опенько. – К., 2013. – 203 с. Таємно. Інв. № 45738 у НУОУ.

4. Шапталенко Н. И. Обоснование требований к системе танкотехнического обеспечения войск в корпусной оборонительной операции начального периода войны : дис. ... канд. техн. наук / Н. И. Шапталенко. – К., 1999. – 211 с. Таємно. Інв. № 35863 у НУОУ.

5. Воробйов О. М. Методики обґрунтування раціонального складу і використання сил та засобів ремонту техніки інженерних військ в оборонній операції АК ОСШР в процесі її відновлення : дис. … канд. техн. наук / О. М. Воробйов. – Кам'янець-Подільський, 2005. – 217 с. Таємно. Інв. № 45127 у НУОУ.

6. Креденцер Б. П. Оценка характера отказов аппаратуры / Б. П. Креденцер, Л. А. Сидоров, Р. О. Пашко // Сборник научных трудов "Надёжность и эксплуатация радиоэлектронной техники". – Киев : КВИРТУ. – 1989. – Выпуск IV. – С. 97–105.

7. Колёсные и гусеничные машины высокой проходимости : в 10 т. / ред. совет: В. К. Белов (предс.) и др. – Х. : ХГПУ, 1997. – Т. 8 : Испытания и надёжность колёсных и гусеничных машин. Кн. 2: Стендовые и натурные испытания. Надёжность. – 118 с.

8. Золотов Л. С. Контртеррористическая операция на Северном Кавказе / Л. С. Золотов // Военная мысль. – 2000. – С. 5–21.

9. Аналіз технічного забезпечення дій підрозділів (частин) під час антитерористичної операції. – К. : Озброєння ЗС України. – 2014. – 108 с.

10. Інформаційно-аналітичні матеріали щодо здійснення технічного забезпечення військових частин (підрозділів) під час виконання завдань в АТО. – К., 2014. – 33 с.

11. Аналіз технічного забезпечення дій підрозділів (частин) під час антитерористичної операції. – К. : Озброєння ЗС України, 2015. – 134 с.

Рецензент – кандидат історичних наук Слюсаренко А. В.

Баранов Ю. **Анализ существующих научных подходов к управлению техническим состоянием объектов и пути их совершенствования**

В статье проведен анализ существующих научных подходов к управлению техническим состоянием объектов и пути их усовер-

шенствования. Определены противоречия между необходимостью получения более адекватных математических моделей и методики оптимизации технического обслуживания и восстановления с учетом условий эксплуатации образцов военной техники в условиях боевых действий.

Ключевые слова: *военная техника, техническое состояние, техническое обслуживание, восстановление.*

Baranov Y. **Analysis of existing scientific approaches to the management of the technical condition of objects and ways to improve them**

In the article, the analysis of existing scientific approaches to management of the technical state of objects and ways to improve them. Determined contradiction between the need for a more adequate mathematical models and methods of optimization of maintenance and renewal taking into account the conditions of military equipment in terms of combatants.

Today we know a small number of models the process of functioning of prevention and rehabilitation, which is not enough to study the maintenance and renewal of existing, and the more promising of military equipment based on actual conditions and factors fighting operation. There are no generalized mathematical models that describe broad classes of objects, serviced and restored, so it is impossible to give a clear classification of models of optimal prevention and recovery.

The article is an analysis of existing scientific approaches to management of the technical state of objects and ways to improve them. Define the contradictions between the need for a more adequate mathematical models and methods of optimization of maintenance and renewal as much as possible take into account the real factors and operating conditions of military equipment in terms of combatants, and the possibility of practical use obtained theoretical results.

One of the first attempts at solving the problem of optimal prophylaxis in respect of such class specific military equipment, engineering equipment as was done in [1], in which the object prevention presents a structural element as a whole. It is assumed that the object there is only one type of faults associated with a gradual deterioration or change the parameter. This type

of malfunction if no action is taken to address them, leading to failure of the object.

The analysis of existing models maintenance and recovery issues related to the optimization of maintenance and restoration revealed that received to date scientific achievements in this subject area are of great theoretical importance. However, they have several drawbacks that in many cases limit the possibility of their implementation study for the maintenance and restoration of military equipment.

On the one hand, the narrowness of many productions tasks, decision rather strict limitations and assumptions leads to isolation from the practices and characteristics of modern military operations, on the other hand, attempts to bring the model to real processes and objects tend to impede and mathematical tools leading to bulky results that do not find practical application.

Thus defined contradiction between the need for a more adequate mathematical models and methods of optimization of maintenance and renewal as much as possible take into account the real factors and operating conditions of military equipment in terms of combatants, and the possibility of practical use obtained theoretical results.

Keywords: *military equipment, technical condition, maintenance, restoration.*