

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ НОМЕНКЛАТУРИ ТА КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ МАШИН ІНЖЕНЕРНОГО ОЗБРОЄННЯ

Національна академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

*В статті наведено аналіз методів визначення номенклатури та кількості запасних частин, що застосовуються для технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння.*

### ВСТУП

На даний час проблема наявності запасних частин в ремонтних підрозділах – одна з найбільш важливих, оскільки своєчасне забезпечення або наявність необхідної кількості та номенклатури запасних частин дає ремонтним підрозділам можливість швидкого проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння (МІО) та, відповідно, забезпечення їх ефективного використання за призначенням, як в мирний час так і в бойових умовах.

Важлива роль в забезпеченні запасними частинами належить системі забезпечення інженерних військ. Від стану її організаційної структури, планування потреби і управління запасами запчастин багато в чому залежить ефективність забезпечення ремонтних підрозділів цим видом матеріальних ресурсів, загальні результати виконання завдань підрозділами інженерних військ.

Методична база прогнозування необхідної номенклатури та кількості запасних частин залежить від методів обробки вихідної інформації з надійності машин інженерного озброєння і їх елементів на етапі експлуатації, а також від методичного забезпечення стратегій обслуговування та ремонту МІО і їх агрегатів. У зв'язку з цим важливе значення набуває стан інформаційної бази, яка містить вихідні дані для визначення і уточнення необхідної кількості запасних частин під час експлуатації, їх ешелонування, розрахунку необхідних виробничих потужностей і устаткування для їх виготовлення, розмірів та кількості складів, виробничих потужностей для відновлення деталей, вузлів і агрегатів МІО.

Необхідно відзначити, що в теперішній час інформаційна база потребує істотного поліпшення структури, програмам випробувань, об'єму і достовірності отримуваної інформації. Застосування сучасних методів розрахунку і прогнозування необхідності в запасних частинах МІО, а також управління ними, заснованих на теорії відновлення, методах теорії масового обслуговування, управління запасами, теорії випадкових процесів, передбачає серйозні труднощі, пов'язані з недостатнім складом потрібної інформації, а також непристосованістю статистичної звітності ремонтних підрозділів для цих цілей.

Тому, для підвищення точності прогнозування необхідної номенклатури та кількості запасних частин (ЗЧ) потрібно удосконалити метод формування номенклатури та кількості запасних частин для технічного обслуговування і ремонту МІО, який дасть змогу підвищити ефективність функціонування інженерних підрозділів та надійність роботи МІО за рахунок зменшення витрат на придбання і зберігання незадіяних запасних частин. При цьому необхідно враховувати як постійно діючі найбільш значущі, так і можливі, періодично виникаючі фактори, що впливають на потребу в ЗЧ: технічний стан і зростання парку МІО, його розосередження по регіонах з різними умовами експлуатації, зміна конструкції або технології виготовлення, можливості мережі постачання, фінансові можливості органів забезпечення Міністерства оборони України, коливання попиту, можливі події нерегулярного характеру, що впливають на масштаби використання інженерних підрозділів – політичні події, поява нових конкурентів, які визначаються в результаті проведення експертних оцінок, умовах конкретних ремонтних підрозділів.

Таким чином, удосконалення методу визначення номенклатури та кількості запасних частин для ремонту засобів транспорту, який би дозволив приймати правильні управлінські рішення про своєчасне забезпечення автотранспортного підприємства відповідною номенклатурою та кількістю запасних частин, покращити економічні показники діяльності підприємства є актуальною науково-практичною задачею. Але її реалізація неможлива без аналізу методів визначення необхідної

номенклатури та кількості запасних частин, що застосовуються для технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

З метою підпорядкування номенклатури запасних частин, що використовуються ремонтними підрозділами для технічного обслуговування і ремонту МІО, а саме: умовам використання, що встановлюються ринком запасних частин; зменшенням запасів запасних частин, які рідко використовуються, та одночасного забезпечення достатніх запасів номенклатури, що характеризуються високим попитом, необхідно проводити постійний моніторинг технічного стану МІО для виділення номенклатури запасних частин для їх ремонту протягом досліджуваного періоду.

Запасні частини, що використовуються для ремонту зразків озброєння та військової техніки, можна охарактеризувати такими особливостями [2, 3]:

- матеріальний збиток, спричинений системі інженерно-технічного забезпечення інженерних військ за відсутності необхідної запасної частини значно більший ніж її собівартість;
- на зразки озброєння та військової техніки одного класу, які вироблені різними продуцентами або в різний період, практично неможливо знайти уніфіковані вузли та деталі;
- нерівномірність попиту на одну й ту ж запасну частину підрозділами інженерних військ визначається впливом різноманітних сукупностей факторів (технічні, кліматичні, сезонні), що діють на МІО під час її експлуатації;
- впливати на потребу ремонтних підрозділів в запасних частинах, що використовуються для технічного обслуговування і ремонту МІО, неможливо, оскільки попит на запасні частини виникає лише при відмові відповідної деталі, що використовується на МІО;
- при визначенні загальної потреби ремонтних підприємств в запасних частинах необхідним є застосування до кожної позиції номенклатури запасних частин окремого підходу, характерного лише для цієї позиції, як для окремого виду товару.

Під номенклатурою запасних частин розуміють [4] перелік найменувань елементів МІО, складений у відповідній послідовності та згрупований у відповідності до технічної документації заводу-виробника, який містить такі відомості по кожному найменуванню: номер деталі (вузла, агрегату) за каталогом заводу-виробника; код за спеціальним класифікатором; найменування деталі відповідно до чинної конструкторської та іншої нормативно-технічної документації; кількість однойменних деталей на МІО.

Аналіз існуючого досвіду використання запасних частин дозволив встановити [5, 6], що основна вартість використаних запасних частин зазвичай відноситься до незначної частки всіх найменувань запасних частин. Кількісно закономірність записується у вигляді – 80/20, тобто 20 % запасів запасних частин обумовлюють 80 % потреб, а на 80 % запасів запасних частин припадає 20 % фінансових витрат.

Зазначене співвідношення одержало подальший розвиток при розподілі всієї номенклатури запасних частин на три групи – А, В, С: група А – незначний відсоток номенклатури запасних частин на який припадає 70–80 % вартості; група В – дещо більший відсоток номенклатури запасних частин (у порівнянні з групою деталей А), що забезпечує 10–20 % від вартості всієї номенклатури запасних частин; група С – основна частина номенклатури запасних частин, яка складає 5–10 % загальної вартості.

На сьогоднішній день деякі зарубіжні виробники розбивають номенклатуру запасних частин для технічного обслуговування і ремонту машин на більшу кількість груп. Так, наприклад, «Renault» та «Ford» розподіляють запасні частини на 4 групи, а «Volkswagen» на 6 груп.

Після розподілу номенклатури запасних частин на групи, проводиться аналіз їх оборотності та робиться висновок про доцільність їх складування та ешелонування.

Аналогічний метод використовують для групування запасних частин по собівартості їх запасів. В цьому випадку формуються групи X, Y, Z. Розподіл на групи виконується в залежності від вартості запасної частини, при цьому вводять два граничних значення вартості  $C_{\min}$  і  $C_{\max}$ .

Слід відзначити, що номенклатура запасних частин груп А та В (обсяг витрати запасних частин) в багатьох випадках збігається з номенклатурою запасних частин X та Y відповідно (вартість запасів запасних частин). Проте, про аналіз результатів, які доводили б тісну кореляцію між номенклатурними групами А та X, В та Y або (А + X) і (В + Y), невідомо.

Деякі автори, в тому числі [2, 7], вважають, що розподіл номенклатури запасних частин на групи А, В, С є умовним. Основна відмінність між ними визначається частотою замовлення та періодичністю контролю. Так, для номенклатури запасних частин, що відносяться до групи А, створюються короткострокові запаси наявності яких підлягає контролю з періодичністю не більше семи днів. По запасних частинах групи В створюються запаси в більшій кількості (в порівнянні з групою А), контроль за наявністю цих запасних частин на складі здійснюється через 7–14 днів та відповідно поновлюється запас рідше. Для номенклатури деталей групи С характерними є довгострокові запаси, при чому контроль їх наявності здійснюється з періодичністю 1–3 місяці.

В результаті слід відзначити, що:

- номенклатура запасних частин, що відносяться до високого попиту (група А), постійно змінюється в часі, тому потребує систематичного моніторингу та уточнення;
- динаміка зміни номенклатури запасних частин групи С незначна, тому при відсутності постійного контролю за якісним та кількісним станом запасів запасних частин виникає імовірність того, що ці запасні частини стануть незатребованими;
- розподіл всієї номенклатури запасних частин на групи носить емпіричний характер;
- вибір граничних значень між групами не формалізований, що на практиці не дозволяє автоматизувати процес управління системою забезпечення запасними частинами.

Крім емпіричного підходу по розподілу номенклатури запасних частин на групи в роботах, зокрема [3], розглядаються інші методи розподілу номенклатури запасних частин на групи.

В праці [8] наводиться таке визначення: «ABC метод – це спосіб нормування та контролю стану запасів запасних частин, що полягає в розподілі всієї номенклатури  $N$  запасних частин на три власних нерівноцінних групи А, В, С або класи еквівалентності на основі формального алгоритму»

Розподіл номенклатури запасних частин на групи виконується, шляхом послідовного виконання операцій наведеного алгоритму:

- визначення загальної кількості заявок  $Q$  на запасні частини, які надійшли за визначений період;
- визначення середньої кількості заявок на одну позицію номенклатури  $N$  запасних частин:

$$q = \frac{Q}{N}, \quad (1)$$

– всі запасні частини, кількість заявок на які перевищує  $q$  в 6 разів і більше, відносять до групи А;

– до групи С включають запасні частини кількість заявок яких менша 0,5 від середнього значення  $q$  відповідно;

– решту номенклатуру запасних частин відносять до групи В.

У результаті можна визначити, що у групи А, В та С входять запасні частини кількість яких становить відповідно 80, 13,3 та 6,66 %.

Наведений метод розподілу номенклатури запасних частин на групи зручний для практичного використання для управління запасами запасних частин та їх ешелонування, проте кількість заявок на запасні частини є єдиним критерієм для розподілу всієї номенклатури запасних частин на групи А, В та С. Це значно звужує галузь застосування цього методу.

В роботі [9] відзначено, імовірність виникнення попиту на запасні частини груп А, В та С підпорядковується різноманітним законам розподілу. Встановлено, що розподіл попиту в заданому інтервалі для запасних частин групи А описується нормальним законом розподілу (рис. 1а), для групи В характерний закон Пуассона (рис. 1б), а для групи С розподіл попиту на запасні частини характеризується експоненціальним законом розподілу (рис. 1в).

Знання законів розподілу необхідно для розрахунку значення величини страхового запасу запасних частин, оскільки поточний запас запасних частин в ремонтних підрозділах визначається як середнє значення очікуваного попиту, шляхом екстраполяції статистичних даних використання запасних частин за попередні періоди.

З аналізу законів розподілу (див. рис. 1) випливає, що перехід від номенклатурної групи А до групи С супроводжується зміною закону розподілу: від нормального з коефіцієнтом варіації  $V < 0.3$ , та асиметрією  $E = 0$  до експоненціального закону з  $V = 1; E = 2$ . Відповідно закон Пуассона з

параметрами  $A$  (математичне очікування) характеризується співвідношенням  $V = E = 1/\sqrt{A}$  і займає проміжне положення між нормальним і експоненціальним законами.

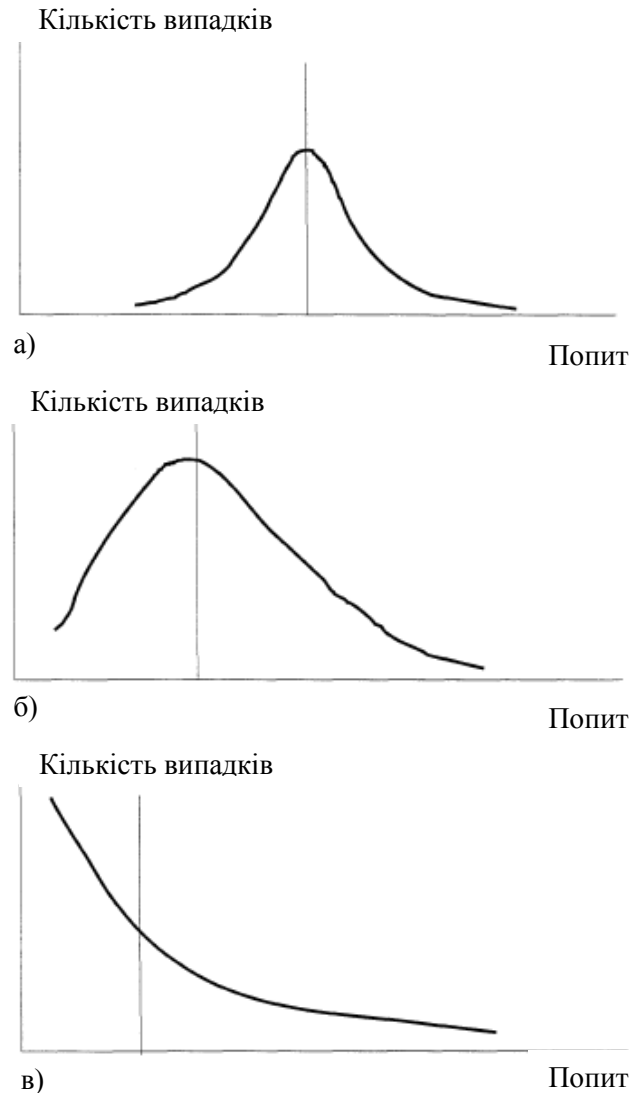


Рисунок 1 – Графічне зображення законів розподілу, які характерні для різних номенклатурних груп: а – нормальний закон розподілу; б – закон Пуассона; в – експоненціальний закон

Очевидно, що використання статистичних закономірностей для формування номенклатурних груп запасних частин є ще одним методом розв'язання цієї задачі.

Принципово іншим підходом до визначення номенклатури запасних частин є метод, який заснований на результатах спостережень за підконтрольними групами зразків озброєння та військової техніки під час їх експлуатації [4].

Дослідження експлуатаційної надійності різноманітних конструкцій МІО показує, що у кожного виду МІО під впливом різноманітних факторів (дорожніх, кліматичних і т. д.) є обмежена за номенклатурою кількість деталей, які частіше від інших виходять з ладу і тим самим визначають матеріальні та трудові витрати на підтримання їх в справному стані. Такі деталі отримали назву «лімітуючих надійність».

Встановлення переліку деталей, що лімітують надійність, має принципове значення з точки зору визначення дійсних потреб кількості запасних частин, їх номенклатури і оптимальну періодичність ремонтних впливів, а також об'єм трудозатрат. Слід відзначити, що для визначення переліку деталей, що лімітують надійність, застосовуються дві методики, які при застосуванні приводять до різноманітних результатів. Крім того ці методики не порівнювались між собою та іншими методами, зокрема методом АВС.

У праці [10] для виявлення переліку деталей, що лімітують надійність, застосовується комплексний критерій, який включає показники безвідмовності та довговічності, а також матеріальні витрати на усунення відмов. До деталей, що лімітують надійність по безвідмовності, відносяться деталі, в яких на розглянутому напрацюванні гамма-процентний ресурс нижчий 90 %, і відповідно за довговічністю ресурс, яких менший ресурсу МІО.

На результатах аналізу експлуатаційної надійності базується єдиний вартісний критерій визначення деталей, що лімітують надійність МІО.

Методика розрахунку передбачає визначення сумарних затрат  $C_i$  для кожної деталі, які включають оптову ціну, вартість затрат на усунення відмови та витрати, викликані простоем зразків озброєння та військової техніки в ремонті. На основі  $C_i$  розраховуються середні витрати на усунення відмови:

$$C_{cp} = \sum \frac{C_i}{N}, \quad (2)$$

де  $N$  – кількість деталей МІО в яких спостерігалися відмови на досліджуваному періоді експлуатації.

У номенклатурну групу деталей, які лімітують надійність включають ті деталі для яких характерним є співвідношення

$$C_i \triangleright C_{cp}. \quad (3)$$

Очевидно, що єдиний вартісний критерій дозволяє визначити номенклатуру запасних частин групи А і дає їх верхню вартісну оцінку; комплексний критерій обмежує загальну номенклатуру запасних частин груп А та В і дає також їх верхню вартісну оцінку; решту запасних частин відносять до номенклатурної групи С.

Таким чином проведений аналіз виявив різноманітність методів визначення номенклатурних груп запасних частин для ремонту МІО. На сьогоднішній день викликає інтерес розробка єдиної методики для визначення номенклатурних груп запасних частин, яка б використовувала сукупність критеріїв, характерних для умов сьогодення та дозволила б уніфікувати і автоматизувати процес розподілу номенклатури на групи.

Потребу в запасних частинах можна визначити за номенклатурними нормами, які встановлюють середньорічну необхідну кількість конкретного номенклатурного найменування деталі на МІО в рік, [5]. В основу цього методу покладено дані про надійність деталей і методи їх перерахунку за потреби, шляхом:

– використання даних по ведучій функції потоку відмов або замін деталей  $\Omega(t)$ , за формулою:

$$H = 100 \cdot \frac{\Omega(t_2) - \Omega(t_1)}{t_2 - t_1}, \quad (4)$$

де  $H$  – номенклатурна норма витрати запасних частин, шт. на 100 одиниць МІО в рік;  $t_1$  та  $t_2$  – час початку та закінчення дослідження;  $\Omega(t_1)$  та  $\Omega(t_2)$  – ведуча функція потоку відмов або замін деталей на початку та прикінці дослідження;

– застосування наближеної оцінки ресурсу до першої заміни деталі:

$$H_2 = \frac{L_r}{\eta \cdot L_1} \cdot 100, \quad (5)$$

де  $L_r$  – середньорічне напрацювання МІО;  $L_1$  – ресурс до першої заміни деталі;  $\eta$  – коефіцієнт відновлення ресурсу;

– визначення середньої кількості замін деталей за термін служби МІО:

$$H = \frac{100}{\eta} \cdot \left( \frac{L_r}{L_1} - \frac{1}{t_a} \right), \quad (6)$$

де  $t_a$  – термін експлуатації МІО;

– додаткового врахування варіації ресурсу деталей, для деталей, ресурс яких співвідносний з середньорічним напрацюванням МІО  $L_r$ . Середню норму витрати запасних частин доцільно визначати за повний термін експлуатації з врахуванням варіації ресурсу деталі за формулою:

$$H = \frac{100}{t_a} \cdot \left[ \frac{L_r \cdot t_a - L_l}{\eta \cdot L_l} + 0,5 \left( \frac{v^2}{\eta} + 1 \right) \right], \quad (7)$$

де  $v$  – коефіцієнт варіації ресурсу деталі.

З врахуванням (4)–(7), за допомогою номенклатурних норм визначають потребу в запасних частинах ремонтними підрозділами та частинами інженерних військ, при застосуванні такої формули:

$$H = \frac{H \cdot A}{100} \cdot K_{II} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (8)$$

де  $A$  – наявний марочний склад МІО, шт.;  $K_{II}$  – коефіцієнт, що дозволяє врахувати відхилення середньорічного напрацювання МІО, від напрацювання закладеного у відповідну норму;  $K_1 = 1 \dots 1,65$  – коефіцієнт, що враховує умови експлуатації (п'ять категорій);  $K_2 = 1 \dots 1,3$  – коефіцієнт, що враховує модифікацію та умови роботи МІО (вісім модифікацій);  $K_3 = 0,8 \dots 1,4$  – коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови експлуатації (сім кліматичних регіонів).

Також значення номенклатурних норм  $H$  можна отримати з каталогів заводів-виробників та номенклатурних книг, куди включають, як правило, від 400 до 800 найменувань деталей. [15]

Потреба в запасних частинах визначається також з фактичного попиту на запасні частини (поток вимог), які належним чином збираються, систематизуються та аналізуються. Цей метод дозволяє отримати точні результати про дійсну потребу в запасних частинах. Проте для одержання інформації потрібен тривалий проміжок часу.

В праці [16] наводиться така методика для визначення поточного запасу запасних частин:

$$Z_{II} = \frac{A \cdot N \cdot t_{cp}}{36000}, \quad (9)$$

де  $A$  – кількість машин інженерного озброєння;  $N$  – норма витрати запасних частин, шт./100 машин. в рік;  $t_{cp}$  – середній інтервал між поставками.

Страховий гарантійний рівень запасу визначається за формулою:

$$Z_{II} = \frac{A \cdot N \cdot \sigma}{36000}, \quad (10)$$

де  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення інтервалу поставок.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (t_i - t_{cp})^2}{n - 1}}, \quad (11)$$

де  $t_i$  – інтервал між двома сусідніми поставками;  $n$  – кількість поставок за визначений попередній період часу.

Норма запасу розраховується у вигляді максимального  $Z_{max}$  і мінімального  $Z_{min}$  рівнів:

$$Z_{max} = Z_{II} + Z_{стр} = \frac{A \cdot N}{36000} (t_{cp} + \sigma), \quad (12)$$

$$Z_{min} = Z_{ср} = \frac{A \cdot N}{36000} \sigma. \quad (13)$$

В праці [11] середня кількість необхідних запасних частин визначається за формулою:

$$Z_{ср} = A \cdot L = \frac{L_H}{L}, \quad (14)$$

де  $A$  – параметр потоку відмов;  $L$  – загальне напрацювання МІО;  $L_H$  – напрацювання на відмову.

Метод визначення запасу запасних частин  $Z_p$  в ремонтних підрозділах інженерних військ, для підтримання імовірності безвідмовної роботи МІО на заданому рівні описується залежністю

$$Z_p \geq \frac{L}{T_0} + X_a \cdot \frac{\delta \cdot \sqrt{L}}{T_0^{3/2}}, \quad (15)$$

де  $L$  – напрацювання тис. км;  $T_0$  – середній термін служби деталей;  $X_a$  – квантиль нормального розподілу ресурсів;  $\delta$  – середньоквадратичне відхилення ресурсу деталі.

У праці [17] кількість запасних частин, необхідних для функціонування одної МІО з заданою імовірністю безвідмовної роботи протягом запланованого періоду часу, визначається при застосуванні таких рівнянь:

$$n = n_2 \cdot n_1, \quad (16)$$

де  $n$  – кількість необхідних запасних частин;  $n_2$  – кількість необхідних запасних частин в кінці запланованого періоду;  $n_1$  – кількість необхідних запасних частин на початок запланованого періоду.

$$n_2 = \frac{T_2 - \tau \cdot \delta}{\mu}, \quad (17)$$

де  $T_2$  – напрацювання МІО в кінці запланованого періоду;  $\tau$  – ступінь точності математичних розрахунків;  $\mu$  – математичне очікування розподілу ресурсу деталі;  $\delta$  – середньоквадратичне відхилення розподілу ресурсу деталі.

$$n_1 = \frac{T_1 - \tau \cdot \delta}{\mu}, \quad (18)$$

де  $T_1$  – напрацювання МІО на початок запланованого періоду.

В роботі [13], після проведення разового обстеження груп машин з різним напрацюванням, визначено потребу в запасних частинах. Автор зібрав та проаналізував дані і, по відмовах систем та агрегатів машин, визначав параметр потоку замін. При цьому відмова окремого елемента системи машини прирівнювалась до відмови усієї системи машини і всі параметри потоків замін деталей складались в один сумарний параметр потоку замін для всієї системи. При відомій вартості окремих деталей, визначались питомі затрати на запасні частини:

по агрегатах і системах машини  $C_{3q}^S(L)$  за формулою

$$C_{3q}^S(L) = \sum_{J=1}^M C_{3q,J}^S(L) = \sum_{J=1}^M \omega_J^S(L) \cdot C_J, \quad (19)$$

а для машини в цілому –

$$C_{3q}^A(L) = \sum_{S=1}^N C_{3q,J}^S(L) = \sum_{S=1}^N \sum_{J=1}^M \omega_J^S(L) \cdot C_J, \quad (20)$$

де  $\omega_j^s \cdot (L)$  – параметр потоку замін  $J$ -ї деталі, який відноситься до  $S$ -го агрегату або системи машини;  $C_j$  – питома вартість  $J$ -ї деталі в залежності від напрацювання машини;  $N$  – кількість агрегатів та систем машини;  $M$  – число деталей і елементів в агрегаті машини.

Методика прогнозування потреби в запасних частинах [14] враховує умови експлуатації і технічне обслуговування автомобілів. В основу запропонованого методу покладено те, що в усталеному експлуатаційному режимі розподіл потоку відмов деталей автомобіля описується експоненціальним законом розподілу:

$$П_{зч} = N \cdot \lambda \cdot L \cdot K_j \cdot \sqrt{N_0 \cdot \lambda \cdot L}, \quad (21)$$

де  $N_0$  – кількість деталей, встановлених на автомобілі;  $\lambda$  – інтенсивність відмов;  $L$  – пробіг автомобіля;  $K_j$  – гамма-відсотковий квантиль стандартного нормального розподілу.

Автор в своїй праці [14] наводить метод визначення середньої витрати запасних частин конкретного найменування, у якому розрахункова формула враховує параметри, що характеризують технічний стан автомобіля, дорожні та природно-кліматичні умови експлуатації:

$$Z_{CP} = K_n \cdot K_v \cdot K_z \cdot \lambda_{max} \cdot \Sigma L, \quad (22)$$

де  $\lambda_{max}$  – інтенсивність відмов;  $L$  – середній пробіг всіх автомобілів;  $K_n$ ,  $K_v$ ,  $K_z$  – коефіцієнти, що враховують дорожні умови, кліматичні умови (сезонність), запас запасних частин.

В праці [13] наводиться метод, згідно з яким пропонується визначати кількість замін деталей за будь-який пробіг від 0 до  $L$ , застосовуючи методи теорії відновлення, за формулою

$$N = \frac{(L_{ам} - L_{нов}) \cdot 100 \cdot n}{t_{ам} \cdot R_{зч}} + 100 \cdot X_a \frac{\delta \cdot \sqrt{L_{ам}}}{t_{ам} \cdot \sqrt{R_{зч}^3}}, \quad (23)$$

де  $N$  – норма витрати запасних частин;  $L_{ам}$  – пробіг автомобіля за амортизаційний період;  $L_{нов}$  – термін служби нової деталі, вузла автомобіля до першої заміни;  $t_{ам}$  – термін служби автомобіля;  $X_a$  – квантиль нормального розподілу ресурсу початкового елемента;  $\delta$  – середнє квадратичне відхилення ресурсу деталі;  $R_{зч}$  – середній термін служби запасних частин між замінами.

Для визначення річної потреби ремонтних підрозділів в запасних частинах  $Q$  автор пропонує застосовувати залежність, яка враховує категорії умов експлуатації рухомого складу

$$Q = \frac{\alpha \cdot P \cdot N}{100}, \quad (24)$$

де  $\alpha = 0,9 \dots 1,0$  – коефіцієнт, що враховує категорії умов експлуатації;  $P$  – парк автомобілів.

В. А. Щетіна та В. С. Лукінський в праці [12] зауважують, що для прогнозування потреби в запасних частинах під час експлуатації автомобілів доцільно використовувати метод екстраполяції. У загальному вигляді модель прогнозу включає три складові (рис. 2) та записується в такому вигляді:

$$y_t = \bar{y}_t + v_t + \varepsilon_t, \quad (25)$$

де  $y_t$  – прогнозовані значення часового ряду;  $\bar{y}_t$  – середнє значення прогнозу (тренд);  $v_t$  – складова прогнозу, що відображає сезонні коливання;  $\varepsilon_t$  – випадкова величина відхилення прогнозу (білий шум).

Використання формули (25) для прогнозування потреби в запасних частинах передбачає виконання таких операцій: за значеннями ряду перед прогнозного періоду методом найменших квадратів визначаються коефіцієнти тренда  $\bar{y}$ , вид якого задається поліномами різних порядків; при використанні сезонної хвилі необхідно виключити тренд з початкового ряду. Якщо наявна сезонна хвиля, то визначаються коефіцієнти рівнянь, які апроксимуються  $v_t$ ; випадкова складова  $\varepsilon_t$ ,



визначається після виключення з ряду значень тренда і сезонної хвилі на перед прогнозного періоді. Для описання білого шуму  $\varepsilon_t$ , використовують нормальний закон розподілу з нульовим математичним очікуванням і невідомою дисперсією  $\sigma^2$ ; точність прогнозування підвищується методами дисконтування, адаптації. Практичне застосування одержав метод експоненціального згладжування, який підвищує значимість останніх значень ряду відносно перших. Підвищення прогнозу досягається застосуванням багатofакторних моделей, вибором найкращих залежностей для тренда та сезонної складової. Методика на основі екстраполяції може реалізуватися, як неприпливна прогнозуюча система.

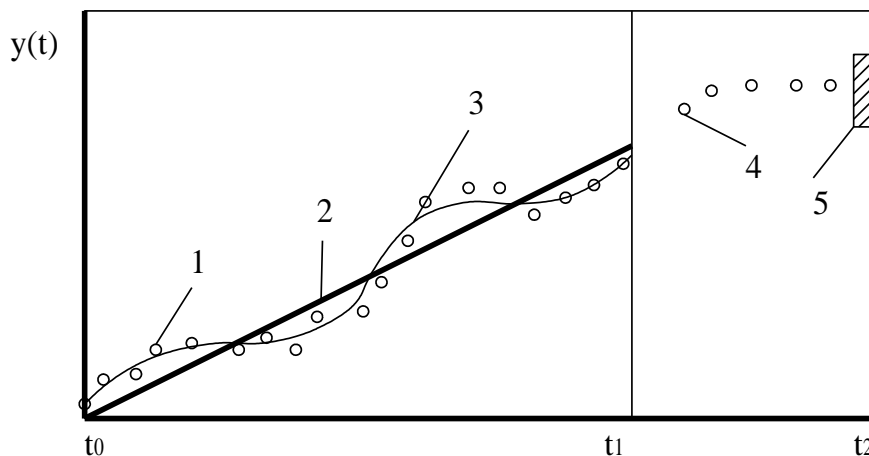


Рисунок 2 – Прогнозування необхідної кількості запасних частинах з використанням екстраполяції часових рядів: 1 – експериментальні дані на інтервалі спостереження; 2 – тренд; 3 – тренд та сезонна хвиля; 4 – значення точкового прогнозу; 5 – інтервальний прогноз

Незважаючи на різноманітність методів прогнозування потребн в запасних частинах, на даний час широкого поширення набув метод визначення потреби за фактичним попитом на запасні частини. Головними перевагами цього методу є достовірність інформації про використання запасних частин та оперативність застосування, що пояснюється простотою використання. Проте значним недоліком є те, що коливання попиту на запасні частини компенсується шляхом створення додаткових резервів на складах запасних частин, що, в свою чергу, пов'язано з додатковими ризиками виникнення неліквідних запасів запасних частин.

В результаті проведеного аналізу робіт, в яких визначаються потреби в запасних частинах, встановлено, що точність визначення потреби в запасних частинах за розробленими раніше і діючими на сьогоднішній день методами недостатня. Тому є необхідність в розробці більш досконалого методу формування номенклатури, кількості та ешелонування запасних частин для технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння.

Для створення найбільш точного методу формування номенклатури, кількості та ешелонування запасних частин для технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння необхідно враховувати переваги існуючих.

#### ВИСНОВКИ

В результаті проведеного аналізу робіт, в яких визначаються потреби в запасних частинах для проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту МІО, встановлено, що точність визначення номенклатури та кількості запасних частин за розробленими раніше і діючими на сьогоднішній день методам недостатня. Тому є необхідність в удосконаленні методу формування номенклатури та кількості запасних частин для технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння з врахуванням переваг існуючих методів.

Крім того, проведений аналіз існуючих методів визначення номенклатури та кількості запасних частин для технічного обслуговування і ремонту МІО показав, що при визначенні періодичності проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту МІО не враховується їх фактичний технічний стан, термін їх експлуатації. Роботи щодо технічного обслуговування МІО

проводяться в повному обсязі після відпрацювання встановленого напрацювання, що призводить до невиправданих експлуатаційних витрат, обумовлених збільшенням кількості поточних ремонтів на проміжку між номерними технічними обслуговуваннями при збільшенні терміну експлуатації МІО. Тому виникає необхідність удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту МІО, в першу чергу, в сфері матеріально-технічного забезпечення робіт, які необхідно проводити для підтримання МІО в працездатному стані, з метою зменшення трудовитрат та невиправданих витрат матеріально-технічних засобів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения : ГОСТ 18322-78. – Введ. 1980-01-01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 11 с.
2. Кузнецов Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е. С. Кузнецов. – М. : Транспорт, 1982. – 224 с.
3. Малкин В. С. Техническая эксплуатация автомобилей: Теоретические и практические аспекты / В. С. Малкин. – М. : Академия, 2007. – 288 с.
4. Волгин В. В. Автобизнес. Техника, сервис, запчасти / В. В. Волгин. – М. : Маркетинг, 2003. – 848 с.
5. Неруш Ю. М. Логистика / Ю. М. Неруш. – МТК Велби : Проспект, 2006. – 520 с.
6. Рыжиков Ю. И. Теория очередей и управление запасами / Ю. И. Рыжиков. – СПб. : Питер, 2001. – 384 с.
7. Бродецкий Г. Л. Управление запасами / Г. Л. Бродецкий. – М. : Эксмо, 2008. – 352 с.
8. Шрайбфер Дж. Эффективное управление запасами / Дж. Шрайбфер. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2006. – 304 с.
9. Волгин В. В. Запасные части: особенности маркетинга и менеджмента / В. В. Волгин. – М. : Радио, 1999. – 899 с.
10. Малкин В. С. Нормирование запасных частей для текущего ремонта автомобилей / В. С. Малкин. – Куйбишев : Изд-во КуАИ, 1986. – 66 с.
11. Бережной В. И. Методы и модели управления материальными потоками микрологической системы автопредприятия / В. И. Бережной, Е. В. Бережная. – Ставрополь : Интеллект-сервис, 1996. – 155 с.
12. Щетина В. А. Снабжение запасными частями на автомобильном транспорте / В. А. Щетина, В. С. Лукинский, В. И. Сергеев. – М. : Транспорт, 1988. – 112 с.
13. Сухарев Э. А. Эксплуатационная надежность машин. Теория, методология, моделирование / Э. А. Сухарев. – Ровно : НУВХП, 2006, – 192 с.
14. Трикозюк В. А. Повышение надежности автомобиля / В. А. Трикозюк. – М. : Транспорт, 1980. – 87 с.
15. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів : технологія / О. А. Лудченко. – К. : Вища школа, 2007. – 527 с.
16. Крамаренко Г. В. Техническая эксплуатация автомобилей / Г. В. Крамаренко. – М. : Транспорт, 1983. – 448 с.
17. Бідняк М. Н. Виробничі системи на транспорті : теорія і практика: / М. Н. Бідняк, В. В. Біліченко. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 176 с.
18. Лукинский В. С. Логистика автомобильного транспорта / В. С. Лукинский, В. И. Бережной, Е. В. Бережная. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 368 с.

## REFERENCES

1. Sistema tehničeskogo obsluzivaniya i remonta tehniky. Terminy i opredileniya : GOST 18322-78. – Vved. 1980-01-01. – M. : Standartinform, 2007. – 11 s. (Rus)
2. Kuznechov E. S. Upravlenie tehničeskoy ekspluatatsiey avtomobiley / E. S. Kuznechov. – M. : Transport, 1982. – 224 s. (Rus)
3. Malkin V. S. Tehničeskaya ekspluatatsiya avtomobiley: Tehničeskiye i praktičeskiye aspekty / V. S. Malkin. – M. : Akademiya, 2007. – 288 s. (Rus)

4. Volgin V. V. Avtobiznes. Tehnika, servic, zapchasti / V. V. Volgin. – M. : Marketing, 2003. – 848 s. (Rus)
5. Nerush Yu. M. Logistika / Yu. M. Nerush. – MTK Velbi : Prospekt, 2006. – 520 s. (Rus)
6. Ryzikov Yu. I. Teoriya очередей и управление запасами / Yu. I. Ryzikov. – SPb. : Piter, 2001. – 384 s. (Rus)
7. Brodetskiy G. L. Upravlenie zapasamy / G. L. Brodetskiy. – M. : Eksmo, 2008. – 352 s. (Rus)
8. Shraybfer Dz. Efektivnoe upravlenie zapasamy / Dz. Shraybfer. – M. : Alpina Biznes Buks, 2006. – 304 s. (Rus)
9. Volgin V. V. Zapasnye chasti: osobenosti marketinga i menedzmenta / V. V. Volgin. – M. : Radio, 1999. – 899 s. (Rus)
10. Malkin V. S. Normirovanie zapasnyh chastey dlya tekushego remonta avtomobiley / V. S. Malkin. – Kuysbishev : Izd-vo KuAI, 1986. – 66 s. (Rus)
11. Bereznoy V. I. Metody i modeli upravleniya materialnymi potokami mikrologicheskoy sistemy avtopredpriyateya / V. I. Bereznoy, E. V. Bereznaya. – Stavropol : Intelkt-servic, 1996. – 155 s. (Rus)
12. Shetina V. A. Snabzheniye zapasnymi chastyami na avtomobilnom transporte / V. A. Shetina, V. S. Lukinskiy, V. I. Sergeev. – M. : Transport, 1988. – 112 s. (Rus)
13. Suharev E. A. Ekspluatatsionnaya nadezhnost mashin. Teoriya, metodologiya, modelirovaniye / E. A. Suharev. – Rovno : NUVHP, 2006, – 192 s. (Rus)
14. Trikozyuk V. A. Povisheniye nadezhnosti avtomobilya / V. A. Trikozyuk. – M. : Transport, 1980. – 87 s. (Rus)
15. Ludchenko O. A. Tehnicheskaya ekspluatatsiya i obslugovuvannya avtomobiliv : tehnologiya / O. A. Ludchenko. – K. : Visha shkola, 2007. – 527 s. (Ukr)
16. Kramarenko G. V. Tehnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley / G. V. Kramarenko. – M. : Transport, 1983. – 448 s. (Rus)
17. Bidnyak M. N. Virobnichi sistemy na transporti : teoriya i praktika: / M. N. Bidnyak, V. V. Bilichenko. – Vinnitsya : UNIVERSUM-Vinnitsya, 2006. – 176 s. (Ukr)
18. Lukinskiy V. S. Logistika avtomobilnogo transporta / V. S. Lukinskiy, V. I. Berezhnoy, E. V. Berezhnaya. – M. : Finansy i statistika, 2004. – 368 s. (Rus)

**В. І. Кривцун, А. М. Баранов**

### **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ НОМЕНКЛАТУРИ ТА КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ МАШИН ІНЖЕНЕРНОГО ОЗБРОЄННЯ**

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

В статті наведено аналіз методів визначення номенклатури та кількості запасних частин, що застосовуються для технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння.

Об'єкт дослідження – система технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння.

Мета роботи – визначення шляхів удосконалення методу визначення номенклатури та кількості запасних частин для зменшення трудовитрат та невиправданих витрат матеріально-технічних засобів при проведенні робіт з технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння.

Для підвищення точності прогнозування необхідної номенклатури та кількості запасних частин потрібно удосконалити метод формування номенклатури та кількості запасних частин для технічного обслуговування і ремонту МІО, який дасть змогу підвищити ефективність функціонування інженерних підрозділів та надійність роботи МІО за рахунок зменшення витрат на придбання і зберігання незадіяних запасних частин.

Проведений аналіз існуючих методів визначення номенклатури та кількості запасних частин для технічного обслуговування і ремонту МІО показав, що при визначенні періодичності проведення

робіт з технічного обслуговування і ремонту МІО не враховується їх фактичний технічний стан, термін їх експлуатації. Роботи щодо технічного обслуговування МІО проводяться в повному обсязі після відпрацювання встановленого напрацювання, що призводить до невиправданих експлуатаційних витрат, обумовлених збільшенням кількості поточних ремонтів на проміжку між номерними технічними обслуговуваннями при збільшенні терміну експлуатації МІО. Тому виникає необхідність удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту МІО, в першу чергу в сфері матеріально-технічного забезпечення робіт, які необхідно проводити для підтримання МІО в працездатному стані.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, НОМЕНКЛАТУРА ЗАПАСНИХ ЧАСТИН, КІЛЬКІСТЬ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН, МАШИНА ІНЖЕНЕРНОГО ОЗБРОЄННЯ.

Кривцун Володимир Іванович, кандидат технічних наук, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, начальник кафедри інженерної техніки, тел. 067 756 19 10, Україна, 79012, м. Львів, вул. Героїв Майдану, 32.

Баранов Андрій Миколайович, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, викладач кафедри інженерної техніки АСВУ, e-mail: komrad.bam@yandex.ua, тел. 067 847 65 50, Україна, 79012, м. Львів, вул. Героїв Майдану, 32.

**V. I. Kryvtun, A. M. Baranov**

## **ANALYSIS METHODS FOR DETERMINING THE RANGE AND NUMBER OF SPARE PARTS USED FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF MACHINES OF ARTIFICIAL ARMS**

Army Academy named after hetman Petro Sahaydachyi

In the article the analysis methods for determining the range and number of spare parts used for maintenance and repair of machines of artificial arms.

The object of study - the system maintenance engineering machinery arms.

Purpose - to identify ways of improving the method for determining the range and number of spare parts to reduce labor costs and unnecessary material and technical means during maintenance and repair machinery Engineering armament.

To improve the accuracy of forecasting the required range and number of spare parts required to improve the method of forming the range and number of spare parts for maintenance and repairs MIA, which will help improve the efficiency of the engineering units and the reliability of the MIA by reducing the cost of acquisition and storage of unused spare parts.

The analysis of existing methods for determining the range and number of spare parts for maintenance and repair of the MIA showed that when determining the frequency of maintenance and repair of the MIA does not count their actual technical condition, their life. Work on MIA maintenance carried out in full after working set working hours, leading to unnecessary operating costs due to increased number of ongoing repairs to the interval between maintenance license by increasing the life of the MIA. Therefore there is a need to improve the system maintenance MIA, especially in the field of logistics work that should be done to support MIA in working condition.

**KEY WORDS:** SYSTEM MAINTENANCE, RANGE OF SPARE PARTS, NUMBER OF SPARE PARTS, MACHINERY ENGINEERING ARMAMENT.

Kryvtun Volodymyr I. – Cand. Sc. (Eng.), Army Academy named after hetman Petro Sahaydachyi, Head of the Chair of Engineering Technology, tel. 067 756 19 10, Ukraine, 79012, Lviv, 32, Gherojiv Majdanu St.

Baranov Andrey M. – Lecturer of the Chair of Engineering Technology of ASVU, Army Academy named after hetman Petro Sahaydachyi, e-mail: komrad.bam@yandex.ua, tel. 067 847 65 50, Ukraine, 79012, Lviv, 32, Gherojiv Majdanu St.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОМЕНКЛАТУРЫ И КОЛИЧЕСТВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН ИНЖЕНЕРНОГО ВООРУЖЕНИЯ**

Академия сухопутных войск имени гетмана Петра Сагайдачного

В статье приведен анализ методов определения номенклатуры и количества запасных частей, применяемых для технического обслуживания и ремонта машин инженерного вооружения.

Объект исследования – система технического обслуживания и ремонта машин инженерного вооружения.

Цель работы – определение путей совершенствования метода определения номенклатуры и количества запасных частей для уменьшения трудозатрат и неоправданных затрат материально-технических средств при проведении работ по техническому обслуживанию и ремонту машин инженерного вооружения.

Для повышения точности прогнозирования необходимой номенклатуры и количества запасных частей нужно усовершенствовать метод формирования номенклатуры и количества запасных частей для технического обслуживания и ремонта МИО, который позволит повысить эффективность функционирования инженерных подразделений и надежность работы МИО за счет уменьшения расходов на приобретение и хранение незадействованных запасных частей.

Проведенный анализ существующих методов определения номенклатуры и количества запасных частей для технического обслуживания и ремонта МИО показал, что при определении периодичности проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту МИО не учитывается их фактическое техническое состояние, срок их эксплуатации. Работы по обслуживанию МИО проводятся в полном объеме после отработки установленной наработки, это приводит к неоправданным эксплуатационным расходам, обусловленным увеличением количества текущих ремонтов на промежутке между номерными техническими обслуживаниями при увеличении срока эксплуатации МИО. Поэтому возникает необходимость совершенствования системы технического обслуживания и ремонта МИО, в первую очередь в сфере материально-технического обеспечения работ, которые необходимо проводить для поддержания МИО в работоспособном состоянии.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, НОМЕНКЛАТУРА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ, КОЛИЧЕСТВО ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ, МАШИНА ИНЖЕНЕРНОГО ВООРУЖЕНИЯ

Кривцун В. И., кандидат технических наук, Академия сухопутных войск имени гетмана Петра Сагайдачного, начальник кафедры инженерной техники, тел. 067 756 19 10, Украина, 79012, г. Львов, ул. Героев Майдана, 32

Баранов Андрей Николаевич, Академия сухопутных войск имени гетмана Петра Сагайдачного, преподаватель кафедры инженерной техники АСВУ, e-mail: komrad.bam@yandex.ua, тел. 067 847 65 50, Украина, 79012, г. Львов, ул. Героев Майдана, 32