УДК 623.1

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.1-2/15>**Єманов В.В.**

Національна академія Національної гвардії України

Гармаш В.П.

Національна академія Національної гвардії України

Споришев К.О.

Національна академія Національної гвардії України

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГУ ВИХОДУ З ЛАДУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ПІДРОЗДІЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ

У статті проведено моделювання процесів прогнозування обсягу виходу озброєння та військової техніки з ладу через експлуатаційні несправності. Визначено обсяг виходу військової техніки підрозділів Національної гвардії України з ладу та проведено її розподіл за трудомісткістю. При цьому величина трудовитрат на ремонт буде залежати від типів і марок озброєння і військової техніки, умов їх експлуатації, видів бойових ушкоджень. Велика кількість і типаж озброєння і військової техніки, обмежені виробничі можливості органів обслуговування техніки Національної гвардії України можуть призводити до нерівномірного завантаження цього органу і, як наслідок, до невиконання плану обслуговування. Формування плану обслуговування озброєння і військової техніки має відбуватися так, щоб трудомісткість цих робіт була оптимальною щодо потужності органів обслуговування в кожний планований період. В умовах прискороного ремонту під час ведення бойових дій обсяг ремонтно-евакуаційного фонду буде залежати від можливостей ремонтно-відновлювального органу. Модель прогнозування обсягу виходу техніки бригади оперативного призначення з ладу від експлуатаційних несправностей включає: оцінку режиму експлуатації та визначення витрат ресурсу; прогнозування кількості поточних ремонтів озброєння та військової техніки j-ї марки; прогнозування загальної кількості поточних ремонтів озброєння та військової техніки; прогнозування кількості середніх ремонтів озброєння та військової техніки j-ї марки; прогнозування загальної кількості середніх ремонтів озброєння та військової техніки; прогнозування кількості капітальних ремонтів озброєння та військової техніки j-ї марки; прогнозування загальної кількості капітальних ремонтів озброєння та військової техніки; прогнозування кількості озброєння та військової техніки j-ї марки, які підлягають списанню; прогнозування загальної кількості озброєння та військової техніки, які підлягають списанню; прогнозування загальної кількості несправного озброєння та військової техніки; прогнозування трудомісткості поточних ремонтів озброєння та військової техніки; прогнозування трудомісткості середніх ремонтів озброєння та військової техніки.

Ключові слова: відновлення, ремонт, озброєння і військова техніка, трудомісткість.

Постановка проблеми. Велика кількість і типаж озброєння і військової техніки (далі – ОВТ), обмежені виробничі можливості органів обслуговування можуть призводити до нерівномірного завантаження цього органу і, як наслідок, до невиконання плану обслуговування. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є оптимізація плану обслуговування, що, як правило, припускає мінімізацію середньої вартості обслуговування в одиницю часу з метою рівномірного використання наявних ресурсів (наприклад трудомісткості в одиницях часу). Тому необхідно формувати плани обслуговування ОВТ таким чином,

щоб трудомісткість цих робіт була оптимальною щодо потужності органів обслуговування в кожний планований період.

Зростання інтенсивності спеціальних операцій (бойових дій), використання нових форм та способів збройної боротьби, застосування високоточних та потужних засобів ураження призводять до різкого зростання обсягів техніки, що вимагає відновлення справного (працездатного) стану, вимог до оперативності та обґрунтованості ухвалення рішень щодо її відновлення, їх своєчасного доведення до виконавців, необхідності налагодження дієвого контролю за їх виконанням. Це

призводить до необхідності переробляти обсяги інформації, що зростають, ухвалювати рішення за умов обмеженого часу та значної її невизначеності, негативного впливу противника на повноту та якість отримуваної інформації, створення перешкод у каналах передавання інформації, несанкціонованого втручання в роботу систем управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Потреба у відновленні пошкодженого ОБТ залежить від обсягу їх імовірних втрат, розподілу цих втрат за ступенем ушкоджень, можливостей ремонтно-відновлювального органу (далі – РВО) з їх відновлення. Водночас удосконалення процесу відновлення ОБТ може здійснюватися тільки на основі достовірних даних про потребу у відновленні в кожній ланці [1–3].

Натепер є метод виведення нормативів із відновлення ОБТ [4], сутність якого полягає в такому:

- визначається вихід ОБТ із ладу і виробничі можливості РВО;
- береться середня трудомісткість поточного ремонту (далі – ТР) і середнього ремонту (далі – СР) і ОБТ;
- обчислюються можливості з ремонту ОБТ на місцях виходу їх із ладу і у відповідних РВО;
- ОБТ, невідновлювані на місцях виходу з ладу й у відповідних РВО, що підлягають евакуації.

Такий підхід до визначення нормативів, як показали дослідження [4], є наближеним і не відповідає дійсному стану ОБТ, що підлягають відновленню. Ця невідповідність викликана завищеною середньою трудомісткістю ремонту ОБТ та заниженою виробничою можливістю РВО. Так, як норматив під час поточного ремонту військової автомобільної техніки (далі – ВАТ) в бригаді трудомісткість одного умовного ремонту становить 25 люд./год., а бронетанкового озброєння і техніки (далі – БРОТ) – 35 люд./год.

Але під час вирішення конкретних питань організації відновлення ОБТ доводиться мати справу не з умовним, а з реальним ремонтом, що вимагає певних трудовитрат. Це спричиняє необхідність застосування моделі, заснованій на прогнозуванні якісного складу поточних і середніх ремонтів із певними величинами трудовитрат і кількісним розподілом їх у загальній сукупності ремонтів за ланками відновлення.

Постановка завдання. Створення моделі прогнозування обсягу виходу ОБТ із ладу і розподіл її за трудомісткістю в кожній ланці.

Виклад основного матеріалу дослідження. Величина трудовитрат на ремонт буде залежати від типів і марок ОБТ, умов їх використання, видів

експлуатаційних і бойових ушкоджень. В умовах прискореного ремонту пошкоджених ОБТ під час ведення бойових дій обсяг ремонтно-евакуаційного фонду буде залежати від можливостей РВО із їх відновлення. Тому для виведення показників потреби в евакуації необхідно знати обсяги відновлених ОБТ у кожній ланці відновлення.

Можливий розподіл ОБТ, яка вийшла з ладу, за видами ремонту в цій роботі проводиться на основі прогнозування кількості ОБТ, що вийшли з ладу через експлуатаційні причини і бойові ушкодження. Для розрахунку виходу ОБТ з ладу через експлуатаційні причини проводиться розрахунок витрати моторесурсів, потім визначається кількість ОБТ, що вийшли з ладу, за видами ремонту та в безповоротні втрати. Структурно-логічну схему моделі прогнозування обсягу виходу ОБТ з ладу через експлуатаційні несправності (розрахунок за моторесурсом) наведено на рис. 1.

Добову витрату моторесурсів на одну облікову одиницю ОБТ може бути визначено за виразом:

$$B_{ce} = R_{\partial z} \cdot L_m, \quad (1)$$

де $R_{\partial z}$ – глибина бойового завдання (темپ просування), км; L_m – коефіцієнт маневру.

Прогнозування витрат моторесурсів на весь обліковий склад ОБТ j -ї марки $B_{\partial p}$ визначається за виразом:

$$B_{\partial p} = \sum_{j=1}^n N_{cj} \cdot B_{cej} \cdot D, \quad (2)$$

де N_{cj} – облікова кількість ОБТ j -ї марки; D – тривалість бойових дій, діб.

Кількість ОБТ j -ї марки, які вийшли з ладу в ТР (Q_{mpej}) від експлуатації, доцільно визначати залежно від трудовитрат на умовний поточний ремонт:

$$Q_{mpej} = \sum_{j=1}^n \frac{B_{\partial p j}}{A_{mpe j}}, \quad (3)$$

де $B_{\partial p j}$ – витрата моторесурсу ОБТ j -ї марки за весь період експлуатації; A_{mpej} – амортизаційний пробіг (наробіток) ОБТ j -ї марки до ТР.

Загальна кількість ОБТ, що вийшли з ладу в ТР від експлуатаційних несправностей Q_{mpe} , визначається за виразом:

$$Q_{mpe} = \sum_{j=1}^n Q_{mpe j} \quad (4)$$

Дослідженнями встановлено, що розподіл трудомісткості ТР, що вийшли з ладу від експлуатаційних несправностей, залежно від трудовитрат збігається з показовим законом розподілу [5–7]:

$$Q_{mpe(y,y+m)} = \sum_{j=1}^n f(t_{mpe}) \cdot W_{ne} \quad (5)$$

Рис. 1. Структурно-логічна схема моделі прогнозування обсягу виходу ОВТ з ладу від експлуатаційних несправностей (розрахунок за моторесурсом)

де Q_{mpe} ($y, y + m$) – кількість ТР із трудовитратами від y до $y + m$; t_{mpe} – відношення кількості ТР в заданому інтервалі, люд./год.; $W_{не}$ – загальна кількість несправних ОВТ (від експлуатації).

Тоді функція щільності розподілу випадкової величини [8] (трудомісткості) ТР ОВТ матиме вигляд:

$$f(t_{mpe}) = \begin{cases} a_{mpe} \cdot e^{-a_{mpe} \cdot t_{mpe}} & t_{mpe} \geq 0 \\ 0 & t_{mpe} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

де a_{mpe} – величина зворотна середнім значенням трудовитрат на ТР ОВТ.

Визначається так:

$$a_{mpe} = \frac{1}{t_{cmpe}}, \quad (7)$$

де t_{cmpe} – середня трудомісткість ТР ОВТ, люд./год.

Імовірність розподілу трудомісткості ТР ОВТ від експлуатації буде мати вигляд:

$$F(t_{mpe}) = 1 - e^{-a_{mpe} \cdot t_{mpe}}, \quad (8)$$

Аналіз розрахунків розподілу трудомісткості ТР в загальній сукупності показав, що за середньої трудомісткості ТР ОВТ 25 люд./год. та максимальної 70 люд./год. до 50% ОВТ вимагатимуть ТР в обсязі від 5 до 20 люд./год., при цьому близько 20% будуть ОВТ із трудомісткістю 20–30 люд./год. та 25% ОВТ з трудомісткістю понад 30 люд./год.

Результати розподілу ТР з трудомісткості використовуються для планування відновлення ОВТ.

Для визначення виходу ОВТ у СР береться умова, що за міжремонтний пробіг до капітального ремонту (далі – КР) проводиться один СР за умов пробігу 60% норми пробігу до КР для нових та 50% для ОВТ, які пройшли його.

Виходячи з цієї умови, кількість СР однієї одиниці ОВТ j -ї марки від експлуатації (Q_{crej}) визначається так:

$$Q_{crej} = \frac{B_{opj} \cdot K_k}{0,6 \cdot A_{cne j}} \quad \text{або} \quad Q_{crej} = \frac{B_{opj} \cdot K_k}{0,5 \cdot A_{крj}}, \quad (9)$$

де K_k – коефіцієнт коригування; $A_{крj}$ – норма пробігу ОВТ j -ї марки до КР, км.

Значення коефіцієнта коригування визначається так:

$$K_k = K_{dy} \cdot K_{нкy} \cdot K_m, \quad (10)$$

де K_{dy} – коефіцієнт, що характеризує дорожні умови експлуатації та враховує рельєф місцевості, дорожнє покриття, умови руху, його значення перебувають у межах від 0,6 до 1,0; $K_{нкy}$ – коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови, його значення перебувають у межах від 0,7 до 1,0; K_m – коефіцієнт, що враховує тип ОВТ і характер їх використання (інтенсивність), його значення перебувають у межах від 0,7 до 1,0; K_k – коефіцієнт, що враховує тип ОВТ і характер їх використання (інтенсивність, навантаженість), його значення перебувають у межах від 0,6 до 1 [8].

Тоді загальна кількість ОВТ, що вийшли в СР від експлуатації (Q_{cre}), дорівнюватиме

$$Q_{cre} = \sum_{j=1}^n Q_{crej} \quad (11)$$

Для конкретної постановки завдання РВО з метою якнайповнішої реалізації їх виробничих можливостей важливо знати розподіл СР ОВТ за трудомісткістю. Аналіз досліджень [6–8] установив, що щільність розподілу трудомісткості середнього ремонту $f(t_{cre}, t_{сcre}, \sigma_{cre})$ може бути визначена згідно з нормальним законом розподілу випадкових величин:

$$f(t_{cre}, t_{сcre}, t_{cre}) = \frac{1}{\sigma_{cre} \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t_{cre} - t_{сcre})^2}{2\sigma_{cre}^2}} \quad (12)$$

де t_{cre} – випадкове значення трудомісткості СР, чол/год; $t_{сcre}$ – середнє значення трудомісткості СР, люд./год.; σ_{cre} – середньоквадратичне відхилення трудомісткості СР, люд./год.

Розподіл трудовитрат на СР ОВТ в цьому разі нерівномірний.

За тривалістю ремонту обсяг ОВТ, що вимагають СР, розподілений за законом Релея [8], функція якого представлена залежністю

$$f(t_{срj}) = 2\lambda_{ср}^2 \cdot t_{срj} \cdot e^{-\lambda_{ср}^2 \cdot t_{срj}^2}, \quad (13)$$

де $t_{срj}$ – математичне сподівання випадкової величини тривалості виробничого циклу СР ОВТ, год.; $\lambda_{ср}$ – інтенсивність СР ОВТ, од./год.

У результаті проведених досліджень встановлено нормальний закон розподілу трудомісткості СР ОВТ із математичним очікуванням 85 люд./год. та середньоквадратичним відхиленням. При цьому трудовитрати на СР не перевищують 150 люд./год.

Вихід ОВТ у КР визначається на основі того, що за термін служби зразок ОВТ може піддаватися двом середнім і одному капітальному ремонту, виключаючи поточні. У цьому разі кількість КР однієї одиниці ОВТ j -ї марки від експлуатації визначаємо так:

$$Q_{крj} = \frac{B_{opj} \cdot K_k}{A_{крj}}, \quad (14)$$

Далі визначається загальне число ОВТ, що вийшли в КР від експлуатації, яке дорівнюватиме

$$Q_{кр} = \sum_{j=1}^n Q_{крj}. \quad (15)$$

Для завершення розрахунків визначається кількість ОВТ j -ї марки, які підлягають списанню. Вони визначаються виходячи з ресурсів, визначених для кожного типу ОВТ:

$$Q_{cne j} = \frac{B_{opj} \cdot K_k}{A_{cne j}}. \quad (16)$$

Кількість ОВТ, що підлягають списанню, визначається за залежністю:

$$Q_{cne} = \sum_{j=1}^n Q_{cne j}. \quad (17)$$

Загалом, за бригаду оперативного призначення загальна кількість несправних ОВТ, що вийшли з ладу від експлуатаційних причин, буде визначатися як сума несправних ОВТ за видами ремонту та списання:

$$W_{не} = Q_{мре} + Q_{сre} + Q_{кр} + Q_{cne} \quad (18)$$

Висновки. Виходячи з розробленої структурно-логічної схеми моделі прогнозування обсягу виходу ОВТ бригади оперативного призначення з ладу від експлуатаційних несправностей, можна дійти висновку, що вона повинна включати: оцінку режиму експлуатації та визначення витрат ресурсу ОВТ (B_{ce}); прогнозування кількості поточних ремонтів ОВТ j -ї марки ($Q_{мреj}$); прогнозування загальної кількості поточних ремонтів ОВТ ($Q_{мре}$); прогнозування кількості середніх ремонтів

ОВТ ОВТ j -ї марки (Q_{crej}); прогнозування загальної кількості середніх ремонтів ОВТ (Q_{cre}); прогнозування кількості капітальних ремонтів ОВТ j -ї марки (Q_{krej}); прогнозування загальної кількості капітальних ремонтів ОВТ (Q_{kre}); прогнозування кількості ОВТ j -ї марки, які підлягають списанню

(Q_{cnej}); прогнозування загальної кількості ОВТ, які підлягають списанню (Q_{cne}); прогнозування загальної кількості несправного ОВТ (W_e); прогнозування трудомісткості поточних ремонтів ОВТ $F(t_{mpe})$; прогнозування трудомісткості середніх ремонтів ОВТ $f(t_{cpe}, t_{ccpe}, \sigma_{cpe})$.

Список літератури:

1. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Управление техническим обеспечением жизненного цикла вооружения и военной техники. Москва : Граница, 2015. 304 с.
2. Еличев К.А., Пинт Э.М., Козицын В.С. Состояние и перспективы развития автомобильной техники. *Молодой ученый*. 2015. № 4. С. 166–169.
3. Дем'янчук О.Б., Верпівський С.М., Меленчук В.М. Основи автотехнічного забезпечення. Моделювання процесів : навчальний посібник. Одеса : Військова академія, 2015. 330 с.
4. Теория механизмов и машин : науч. изд. / под ред. К.В. Фролова. Москва, 1987. 277 с.
5. Сухарев Е.О. Эксплуатация надёжности машин. Рівне : НУВГП, 2006. 190 с.
6. Клімов С.В. Теорія експлуатаційної надійності машин в задачах та прикладах : навчальний посібник. Рівне : НУГП, 2008. 142 с.
7. Штейнвольф Л.И. Динамические расчеты машин и механизмов : науч. изд. Москва : Машгиз, 1961. 340 с.
8. Бубнов Н.А., Лазарев С.В., Трифонов Г.И., Янин А.Н. Имитационное моделирование процессов восстановления вооружения и военной техники. *Современные наукоемкие технологии*. 2018. № 12-1. С. 20–24. URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=37256> (дата обращения: 12.12.2020).

Emanov V.V., Garmash V.P., Sporyshev K.O. MODEL OF FORECASTING THE SIZE OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT UNITS OF THE NATIONAL GUARD OF UKRAINE

The article simulates the processes of forecasting the volume of failure of weapons and military equipment due to operational malfunctions. The volume of failure of military equipment of the National Guard of Ukraine was determined and its distribution by labor intensity was carried out. The amount of labor costs for repairs will depend on the types and brands of weapons and military equipment, the conditions of their operation, the types of combat damage. A large number and type of weapons and military equipment, limited production capacity of the maintenance service of the National Guard of Ukraine may lead to uneven loading of this body and, as a result, failure to implement the service plan. The formation of a plan for the maintenance of armaments and military equipment is necessary in such a way that the complexity of these works is optimal in terms of the capacity of the service bodies in each planned period. In conditions of accelerated repairs during hostilities, the volume of the repair and evacuation fund will depend on the capabilities of the repair and restoration body. The model of forecasting the volume of failure of the equipment of the operational brigade from operational malfunctions includes: assessment of the mode of operation and determination of resource costs; forecasting the number of current repairs of weapons and military equipment of the j -th brand; forecasting the total number of current repairs of weapons and military equipment; forecasting the number of medium repairs of weapons and military equipment of the j -th brand; forecasting the total number of medium repairs of armaments and military equipment; forecasting the number of major repairs of weapons and military equipment of the j -th brand; forecasting the total number of major repairs of weapons and military equipment; forecasting the total number of major repairs of weapons and military equipment; forecasting the number of weapons and military equipment of the j -th brand, which are subject to write-off; forecasting the total number of weapons and military equipment to be written off; forecasting the total number of defective weapons and military equipment; forecasting the complexity of current repairs of weapons and military equipment; forecasting the complexity of medium repairs of weapons and military equipment.

Key words: restoration, repair, armament and military equipment, labor intensity.