

УДК 355.41

О.В. Павловський

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ

## МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ЗАВДАНЬ, ЩО ПОКЛАДАТИМУТЬСЯ НА РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ОРГАНИ ПІД ЧАС ОПЕРАЦІЇ (БОЙОВИХ ДІЙ)

У статті представлено метод прогнозування обсягів завдань, що покладатимуться на ремонтно-відновлювальні органи (РВО) озброєння та військової техніки (ОВТ) під час операції (бойових дій), зокрема кількості зразків ОВТ, евакуацію та ремонт яких має здійснювати той чи інший РВО, а також середньої трудомісткості ремонту ОВТ, який цим РВО виконуватиметься. Новизна запропонованого методу полягає в тому, що він базується на математичній моделі розподілу ремонтного фонду ОВТ, який утворюється під час операції (бойових дій), за трудомісткістю ремонту.

**Ключові слова:** прогнозування, евакуація, ремонт, озброєння та військова техніка.

### Вступ

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Під час операцій (бойових дій) ОВТ зазнають різноманітних за ступенем пошкоджень, унаслідок чого час, який витрачається на їх ремонт, може коливатися у досить широких межах: від декількох хвилин до декількох діб і навіть тижнів. Але, зважаючи на маневровий характер сучасних операцій (бойових дій), рухомі РВО повинні періодично змінювати райони розгортання, що накладає певні обмеження на трудомісткість ремонту ОВТ, який ці РВО можуть виконувати. З огляду на це, на РВО кожного рівня ієрархії військ (сил) покладається виконання ремонту ОВТ певної (визначеної нормативними документами) трудомісткості. При цьому на РВО вищих рівнів ієрархії покладається ремонт більшої трудомісткості, ніж на РВО нижчих рівнів [1].

Тому, під час обґрунтування потрібного складу РВО суттєва увага повинна приділятися питанням, пов'язаним із прогнозуванням обсягів завдань, що покладатимуться на ці РВО під час операції (бойових дій) військ (сил). Це стосується, зокрема, кількості зразків ОВТ, евакуацію та ремонт яких має здійснювати той чи інший РВО, а також середньої трудомісткості ремонту ОВТ, який цим РВО виконуватиметься. Від результатів такого прогнозування суттєво залежатимуть склад та виробничі можливості створюваних РВО і, як наслідок, рівень укомплектованості військ (сил) технічно готовими зразками ОВТ під час операції (бойових дій).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проведений аналіз свідчить, що використання відомих теоретичних положень [2 – 4] у ряді випадків не дозволяє здійснювати надійне прогнозування вказаних показників. Значною мірою це пов'язано з відсутністю адекватних математичних моделей розподілу ремонтного фонду озброєння та військової техніки (РФО), який утворюється під час операції (бойових дій), за трудомісткістю ремонту. Зазначимо,

що тут під РФО розуміється сукупність пошкоджених, але відновлюваних зразків ОВТ, що підлягають зосередженню в певному РВО для подальшого ремонту [5].

У структурі загального РФО ( $\Delta M$ ) виділяються три складові: пошкоджені зразки ОВТ, що вимагають поточного ( $\Delta M_{\text{ПР}}$ ), середнього ( $\Delta M_{\text{СР}}$ ) і капітального ( $\Delta M_{\text{КР}}$ ) ремонту:  $\Delta M = \Delta M_{\text{ПР}} + \Delta M_{\text{СР}} + \Delta M_{\text{КР}}$ . При цьому, прогнозування величини зазначених складових здійснюють так:

$$\Delta M_{\text{ПР (СР, КР)}} = N_0 \cdot \beta \cdot T \cdot \beta_{\text{сл (сер, с)}}, \quad (1)$$

де  $N_0$  – початкова кількість зразків ОВТ у військах (силах);  $\beta$  – прогнозовані середньодобові відносні (стосовно  $N_0$ ) втрати ОВТ у військах (силах);  $T$  – тривалість операції (бойових дій);  $\beta_{\text{сл (сер, с)}}$  – частка зразків ОВТ (від загальної величини втрат), що зазнали слабких, середніх та сильних пошкоджень і потребують проведення, відповідно, поточного ремонту (ПР) з трудомісткістю до  $N_{\text{ПР}}$ , середнього ремонту (СР) – з трудомісткістю від  $N_{\text{ПР}}$  до  $N_{\text{СР}}$  і капітального ремонту (КР) – з трудомісткістю від  $N_{\text{СР}}$  до  $N_{\text{КР}}$  (ця трудомісткість вимірюється у чол.год/од.).

Якщо об'єктами ремонту певного РВО є зразки однієї із складових загального РФО (наприклад, ремонтні підприємства здійснюють, зазвичай, лише КР), то РФО цього РВО розраховується достатньо просто за допомогою (1). Однак, ПР та СР, зазвичай, здійснюється РВО декількох рівнів ієрархії військ (сил). Так наприклад, відповідно до існуючого розподілу функцій між РВО, ПР здійснюється в РВО, щонайменше двох, а для деяких груп ОВТ, наприклад, зенітних ракетних комплексів, трьох рівнів ієрархії: батальйонного (дивізійного) рівня – з трудомісткістю до 10 чол.год/од.; бригадного – до 100 чол.год/од.; оперативного командування – понад 100 чол.год/од. У свою чергу, СР здійснюється в РВО двох рівнів: оперативного командування – до 200 чол.год/од.; Збройних Сил – понад 200 чол.год/од. З огляду на це, завдання прогнозу-

вання величини РФО, що створюватиметься у тому чи іншому РВО, суттєво ускладнюється, оскільки виникає потреба розподілу РФО поточного та середнього ремонту між РВО декількох рівнів ієрархії.

У [2] вирішення завдання прогнозування величини РФО, який надходитиме у РВО, здійснюється на основі гіпотези лінійної залежності розподілу РФО поточного (середнього, капітального) ремонту від трудомісткості ремонту ОБТ, що відповідає рівномірному розподілу РФО на інтервалі трудомісткості поточного (середнього, капітального) ремонту. Однак, досвід свідчить, що зазначена залежність на вказаних інтервалах, зазвичай, має нелінійний характер [6].

На відміну від [2], спосіб прогнозування величини РФО, наведений у [3], базується на врахуванні тенденцій у структурі загального РФО, які відслідковуються у співвідношеннях між  $\Delta M_{\text{ПР}}$ ,  $\Delta M_{\text{СР}}$ ,  $\Delta M_{\text{КР}}$  та верхньою межею трудомісткості ремонту цих складових (відповідно  $H_{\text{ПР}}$ ,  $H_{\text{СР}}$  та  $H_{\text{КР}}$ ), з подальшим перенесенням цих тенденцій на РФО поточного (середнього) ремонту. Як наслідок, розрахунки за наведеним у [3] способом забезпечують надійніше, ніж за допомогою [2], прогнозування. Разом з тим, практичне використання цього способу вимагає застосування складних процедур, які пов'язані з необхідністю формалізації та подальшого використання кусково-ломаних функцій на ділянках  $\Delta M_{\text{ПР}}$  та  $\Delta M_{\text{СР}}$ .

У [4] викладений спосіб прогнозування величини РФО, який базується на використанні згладжувальних функцій для опису залежності величини РФО від трудомісткості ремонту, що сприяє певному спрощенню розрахунків. Однак, запропоноване у [4] використання у якості згладжувальної функції полінома 3-го ступеня або експоненціальної функції не завжди забезпечує прогнозування величини РФО з прийнятною точністю.

Отже, проведений аналіз свідчить, що розглянуті вище підходи не дозволяють отримувати надійні результати прогнозування.

Тому метою статті є висвітлення розробленого автором методу прогнозування обсягів завдань, які покладатимуться на РВО під час операції (бойових дій) військ (сил).

## Виклад основного матеріалу

Зазначений метод базується на математичній моделі розподілу РФО, що створюється під час операції (бойових дій), за трудомісткістю ремонту.

На основі даних статистики були складені вибірки даних щодо того, яку частку ( $\gamma$ ) від загального РФО складають зразки ОБТ з трудомісткістю ремонту  $\leq H$ . Аналіз цих даних дозволив зробити висновок, що залежність  $\gamma = f(H)$  для більшості типів ОБТ має вигляд, подібний до наведеного на рис. 1.

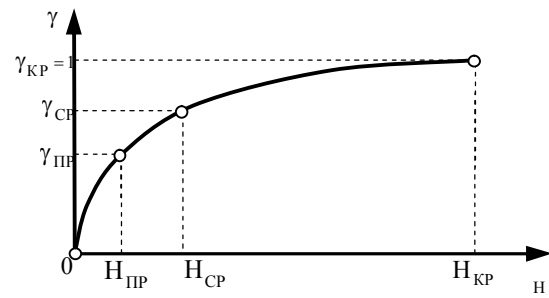


Рис. 1. Графік залежності  $\gamma = f(H)$  (загальний вигляд)

Апроксимування зазначених вибірок даних різними типами функцій та порівняння отриманих результатів з використанням коефіцієнта детермінації  $R^2$  та F-критерію Фішера дозволили зробити висновок, що залежність  $\gamma = f(H)$  досить адекватно може бути описана рівнянням регресії у вигляді відомої функції розподілу Вейбула-Гніденка.

Отже, математичну модель розподілу ремонтного фонду ОБТ, що створюється під час операції (бойових дій) військ (сил), за трудомісткістю ремонту можна представити у такому вигляді:

$$\gamma = 1 - e^{-(H/B)^D}, \quad (2)$$

де  $B$  – параметр масштабу;  $D$  – параметри форми. Значення цих параметрів (розраховані за допомогою методу найменших квадратів) для деяких типів (груп) ОБТ наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення параметрів  $B$  і  $D$

Тип (група) ОБТ	$B$	$D$
Для РФО, утвореного внаслідок впливу противника		
Т-64БВ	928,97	0,94
БМП-2	512,48	1,13
БТР-80	249,83	1,13
Для РФО, утвореного внаслідок експлуатаційних пошкоджень		
Т-64БВ	223,31	1,14
БМП-2	174,68	1,35
БТР-80	87,35	1,35

Тож, знаючи величину верхньої ( $H_{\text{max}}$ ) та нижньої ( $H_{\text{min}}$ ) межі трудомісткості ремонту, який виконується розглядуваним РВО, та використовуючи зазначену математичну модель, можна спрогнозувати обсяги завдань, які покладатимуться на цей РВО під час операції (бойових дій) (рис. 2). Слід мати на увазі, що величина  $H_{\text{min}}$  розглядуваного РВО співпадатиме з величиною  $H_{\text{max}}$ , встановленою для РВО попереднього рівня ієрархії. Відповідно, величина  $H_{\text{max}}$  розглядуваного РВО співпадатиме з величиною  $H_{\text{min}}$  для РВО наступного рівня ієрархії. При цьому для РВО найнижчого рівня ієрархії (батальйонного)  $H_{\text{min}} = 0$ , а для РВО найвищого рівня ієрархії (ремонтні підприємства)  $H_{\text{max}} = H_{\text{КР}}$ .

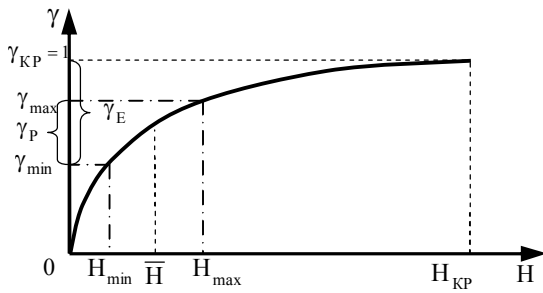


Рис. 2. Графічна ілюстрація прогнозування обсягів завдань, які покладатимуться на РВО під час операцій (бойових дій)

Отже, зважаючи на (2), частка загального РФО ( $\gamma_{max}$ ) з трудомісткістю ремонту  $\leq H_{max}$ , складатиме:

$$\gamma_{max} = 1 - e^{-\left(\frac{H_{max}}{B}\right)^D} \quad (3)$$

Відповідно, частка загального РФО ( $\gamma_{min}$ ) з трудомісткістю ремонту  $\leq H_{min}$ , складатиме:

$$\gamma_{min} = 1 - e^{-\left(\frac{H_{min}}{B}\right)^D} \quad (4)$$

Таким чином, частка загального РФО ( $\gamma_P$ ), ремонт якого покладатиметься на розглядуваний РВО, являтиме собою різницю  $\gamma_{max}$  та  $\gamma_{min}$ :

$$\gamma_P = \gamma_{max} - \gamma_{min} = e^{-\left(\frac{H_{min}}{B}\right)^D} - e^{-\left(\frac{H_{max}}{B}\right)^D} \quad (5)$$

Подібно може бути визначена й частка загального РФО ( $\gamma_E$ ), евакуація якого покладатиметься на розглядуваний РВО. Але при цьому слід враховувати, що РВО мають здійснювати евакуацію не лише пошкоджених зразків ОБТ, ремонт котрих виконуватиметься власними силами і засобами (із трудомісткістю ремонту від  $H_{min}$  до  $H_{max}$ ), але й зразків, ремонт котрих виконуватиметься силами і засобами старшого начальника (із трудомісткістю від  $H_{max}$  до  $H_{KP}$ ), в тому числі й на ремонтних підприємствах. У другому випадку евакуація здійснюватиметься до місць (районів) передачі силам і засобами старшого начальника. Також слід мати на увазі, що не весь РФО вимагатиме евакуації. Частина пошкоджених

зразків може ремонтуватися безпосередньо у місцях виходу з лад, або своїм ходом прибуватиме до місць проведення ремонту. Зважаючи на це, вираз для визначення  $\gamma_E$  матиме вигляд:

$$\gamma_E = (\gamma_{KP} - \gamma_{min}) \cdot K_E = \left[ e^{-\left(\frac{H_{min}}{B}\right)^D} - e^{-\left(\frac{H_{KP}}{B}\right)^D} \right] \cdot K_E = e^{-\left(\frac{H_{min}}{B}\right)^D} \cdot K_E \quad (6)$$

де  $K_E$  – коефіцієнт евакуації ОБТ, який являє собою частку пошкоджених зразків ОБТ (від загального РФО), що вимагають евакуації.

Отже, прогнозована кількість зразків ОБТ, евакуацію ( $\Delta M_E$ ) та ремонт ( $\Delta M_P$ ) яких має здійснювати певний РВО, визначатиметься таким чином:

$$\Delta M_E = N_0 \cdot \beta \cdot T \cdot (\beta_{сл} + \beta_{сер} + \beta_c) \cdot \gamma_E; \quad (7)$$

$$\Delta M_P = N_0 \cdot \beta \cdot T \cdot (\beta_{сл} + \beta_{сер} + \beta_c) \cdot \gamma_P. \quad (8)$$

Що стосується прогнозованої середньої трудомісткості ремонту ОБТ ( $\bar{H}$ ), який виконуватиметься розглядуваним РВО, то її величина дорівнює середньому значенню функції  $H = B \cdot \sqrt[D]{-\ln(1-\gamma)}$ , яка є зворотною відносно функції (2) на відрізку  $[\gamma_{min}; \gamma_{max}]$ , тобто:

$$\bar{H} = B \cdot \int_{\gamma_{min}}^{\gamma_{max}} \sqrt[D]{-\ln(1-\gamma)} d\gamma / (\gamma_{max} - \gamma_{min}). \quad (9)$$

Отже, (3) – (9) утворюють метод прогнозування обсягів завдань, що покладатимуться на РВО.

Розглянемо приклад вирішення задачі прогнозування обсягів завдань, що покладатимуться певний на РВО під час операції (бойових дій) для вихідних даних, наведених у табл. 2. Для спрощення розглядатимемо лише РФО, утворений унаслідок впливу противника.

Результати розв'язання цієї задачі з використанням (3) – (9) наведено в табл. 3.

Таблиця 2

Вихідні дані для вирішення задачі прогнозування обсягів завдань, що покладатимуться на розглядуваний РВО під час операції (бойових дій)

Назва показника	Значення
тип ОБТ	БТР-80
початкова кількість зразків ОБТ – $N_0$ , од.	500
прогнозовані середньодобові відносні втрати ОБТ – $\beta$	0,03
тривалість операції (бойових дій) – $T$ , діб	10
частка зразків ОБТ, що зазнали слабких, середніх та сильних пошкоджень – $\beta_{сл}; \beta_{сер}; \beta_c$	0,21; 0,18; 0,31
нижня межа трудомісткості ремонту, який виконується РВО – $H_{min}$ , чол. год/од.	100
верхня межа трудомісткості ремонту, який виконується РВО – $H_{max}$ , чол. год/од.	200
коефіцієнт евакуації ОБТ – $K_E$	0,7

Таблиця 3

Результати вирішення задачі прогнозування обсягів завдань,  
що покладатимуться на розглядуваний РВО під час операції (бойових дій)

Назва показника	Значення
<b>Проміжні результати</b>	
частка загального РФО з трудомісткістю ремонту $\leq H_{\min} - \gamma_{\min}$	0,3
частка загального РФО з трудомісткістю ремонту $\leq H_{\max} - \gamma_{\max}$	0,54
частка загального РФО, евакуація якого покладатиметься на РВО – $\gamma_E$	0,49
частка загального РФО, ремонт якого покладатиметься на РВО – $\gamma_P$	0,24
<b>Кінцеві результати</b>	
прогнозована кількість зразків ОВТ, евакуацію яких має здійснювати РВО – $\Delta M_E$ , од.	51,5
прогнозована кількість зразків ОВТ, ремонт яких має здійснювати РВО – $\Delta M_P$ , од.	25,2
середня трудомісткість ремонту ОВТ, який виконуватиметься РВО – $\bar{H}$ , чол. год/од.	147,2

Проведений аналіз свідчить, що у ряді випадків використання запропонованого методу, у порівнянні з наведеними у [2 – 4], дозволяє зменшити погрішність отриманих результатів на 20 – 25%.

### Висновки

Таким чином, у статті висвітлений метод прогнозування обсягів завдань, що покладатимуться на РВО під час операції (бойових дій). Новизна запропонованого методу полягає в тому, що він базується на математичній моделі розподілу РФО, який утворюється під час операції (бойових дій), за трудомісткістю ремонту.

Наведений у статті приклад свідчить про можливість практичного застосування описаного методу під час обґрунтування потрібного складу РВО.

Перспективою подальших досліджень є уточнення даних щодо величини  $H_{\max}$  та  $H_{\min}$  для РВО різних рівнів ієрархії військ (сил).

### Список літератури

1. Технічне забезпечення військ (сил) у операції і бою [Текст]: підруч. / В.О. Шуєнкін, О.І. Хазанович, І.С. Ішутін та ін.; під ред. М.І. Шапталенка. – К.: НАОУ, 2001. – 616 с.

2. Теоретичні основи матеріально-технічного забезпечення військ (сил) [Текст]: навч. посіб. / В.О. Шуєнкін, І.С. Ішутін та ін. – К.: ЦНДІ ЗС України, 2006. – Ч. 2. – 576 с.

3. Закусило П.С. Спосіб прогнозування величини ремонтного фонду озброєння та військової техніки ремонтних органів [Текст] / П.С. Закусило, О.В. Павловський, І.С. Ішутін // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – 2011. – № 3 (57). – С. 94-103.

4. Янчик О.Г. Спосіб прогнозування величини ремонтного фонду озброєння та військової техніки ремонтних органів на основі використання згладжувальних функцій [Текст] / О.Г. Янчик, І.С. Ішутін, В.П. Харченко // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – 2012. – № 2 (60). – С. 203-211.

5. ВСТ 01.310.001 – 2008 (01). Матеріально-технічне забезпечення військ (сил). Основні терміни та визначення [Текст]. В 2 ч. Ч. 2. – Увед. 2008-11-14. – К.: ЦУМіС ЗС України, 2008. – 32 с.

6. Марютин М.И. Войсковой ремонт бронетанковой техники: учебн. [Текст] – М.: ВИ, 1972. – 148 с.

Надійшла до редколегії 22.02.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.О. Шуєнкін, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ.

### МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЪЕМОВ ЗАДАЧ, КОТОРЫЕ БУДУТ ВОЗЛАГАТЬСЯ НА РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНЫ ВО ВРЕМЯ ОПЕРАЦИИ (БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ)

О.В. Павловский

В статье представлен метод прогнозирования объемов задач, которые будут возлагаться на ремонтно-восстановительные органы (РВО) вооружения и военной техники (ВВТ) во время операции (боевых действий), в частности количества образцов ВВТ, эвакуацию и ремонт которых должен осуществлять тот или иной РВО, а также средней трудоемкости ремонта ВВТ, который этот РВО будет выполнять. Новизна предложенного метода состоит в том, что он основывается на математической модели распределения ремонтного фонда ВВТ, который возникает во время операции (боевых действий), по трудоемкости ремонта.

**Ключевые слова:** прогнозирование, ремонт, эвакуация, вооружение и военная техника.

### METHOD OF FORECASTING OF VOLUMES OF TASKS WHICH WILL BE ASSIGNED ON REPAIR-AND-REGENERATIVE BODIES DURING OPERATION (COMBAT ACTIVITIES)

O.V. Pavlovsky

In the article the method of forecasting of volumes of tasks which will be assigned on repair-and-regenerative bodies during operation (combat activities) is introduced, in particular, quantities of samples of armament and military equipment which repair and evacuation must carry out this or that repair-and-regenerative body, and also average labour content of repair. Novelty of the offered method consists that it is based on mathematical model of distribution of repair fund of armament and military equipment which originates during operation (combat activities), according to labour content of repair.

**Keywords:** forecasting, repair, evacuation, armament and military equipment.