

УДК 621.317

О. Ю. Шабалін

### УЗАГАЛЬНЕНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ВАРТОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Пропонується як один з різновидів ІТ-технологій автоматизований метод експрес-аналізу вартості технічного обслуговування зразків озброєння і військової техніки на різних етапах їх експлуатації.

*К л ю ч о в і с л о в а:* технічне обслуговування, вартість експлуатації озброєння і військової техніки, зразки-аналоги, математичні моделі задачі, метод найменших квадратів, критерій точності рішення.

**Постановка проблеми та аналіз публікацій.** Від технічного стану озброєння і військової техніки (ОВТ) значною мірою залежить боєздатність Збройних Сил України (ЗС України) та підрозділів Національної гвардії України (НГУ). Тим більше, що на їх озброєнні знаходиться величезна кількість різноманітних зразків, моделей, модифікацій ОВТ, які за технічним станом і своїм функціональним призначенням повинні бути у постійній готовності до бойового застосування, особливо в умовах збройного протистояння.

Для реалізації вище зазначеного командири підрозділів ЗС України і НГУ повинні мати чітку і прогнозовану уяву про спроможність своїх технічних частин забезпечити боєздатність підпорядкованих одиниць ОВТ. Своєю чергою, для інженерно-технічного складу в польових умовах, за обмежених людських, фінансових і матеріальних ресурсів, бажано мати методику оцінювання в режимі експрес-аналізу технічного стану штатних або трофейних одиниць ОВТ.

Така потреба існує і в мирний час. Штатна техніка і озброєння згідно з настановами та інструкціями з метою підтримання боєздатності має проходити те чи інше технічне обслуговування (ТО), для проведення якого потрібно заздалегідь планувати людські, фінансові та матеріальні ресурси. Для цього необхідна методика оцінювання вартості ТО будь-яких кількості і типів об'єктів ОВТ, бажано в режимі online, в умовах ринкового ціноутворення.

Внаслідок великої різноманітності типів ОВТ існуючі методики оцінювання громіздкі, складні у користуванні, не забезпечені об'єктивними вихідними даними. Здебільшого пропонуються емпіричні математичні залежності без необхідного наукового обґрунтування. Прикладом цього є відома емпірична формула французького вченого Габо [1], запропонована ще у 1936 році для визначення ступеня живучості артилерійських стволів за критерієм граничної кількості пострілів

$$N = N_0 \cdot e^{-\beta \cdot t}, \quad (1)$$

де  $N_0, e, t$  – коефіцієнти, які визначаються властивостями металу ствола, його конструкцією, умовами заряджання, температурою нагріву і т. ін., що на практиці врахувати неможливо.

У підручнику [2], який до цього часу є базовим для вищих технічних навчальних закладів, наведені приблизно такого ж рівня формули Орлова, Юстова, Лінте, Слухоцького, результати розрахунків за якими мають величезні розбіжності.

Внаслідок різкого підвищення вартості сучасного озброєння і військової техніки через ускладнення їх конструкцій зростає і необхідність у науковому обґрунтуванні витрат на об'єкти ОВТ під час їх виробництва, випробувань та експлуатації. Для оцінювання таких витрат повинен бути задіяний узагальнений підхід на базі ІТ-технологій з урахуванням можливостей сучасної обчислювальної техніки.

**Мета статті** – розроблення автоматизованого метода оцінювання витрат на підтримання боєздатності і живучості зразків ОВТ на різних стадіях їх експлуатації шляхом проведення нормативних ТО.

Слід зазначити, що питання, які розглядаються, належають найбільшою мірою до задач математичної статистики. Аналітичний вираз у цьому випадку, за яким можливо підрахувати витрати на ТО, пропонується отримати методом регресивного аналізу, орієнтуючись на параметр об'єкта,



який характеризує його найбільш повно, а також на статистичні і експертні дані зразків-аналогів об'єкта, що розглядається. Такий підхід успішно реалізований, наприклад, у працях [3] і [4].

Як показують подальші дослідження, для розв'язування вище зазначених задач простим і ефективним є метод найменших квадратів з програмним забезпеченням у середовищі MATLE-6.

Для підтвердження правомірності узагальненого підходу до розв'язування зазначених проблем, тобто можливості поширити даний підхід оцінювання витрат на профілактичне обслуговування будь-яких об'єктів ОВТ, як приклад розглянемо методику отримання аналітичного виразу, за допомогою якого в режимі експрес-аналізу визначаються витрати на проведення останнього ТО перед капітальним ремонтом вантажних автомобілів.

Згідно з алгоритмом комп'ютерної програми "Експрес-1" (рис. 1) вибираємо визначальний параметр автомобіля, наприклад, його вантажопід'ємність, а також використовуємо експертні показники витрат на проведення ТО для групи зразків-аналогів (табл. 1).

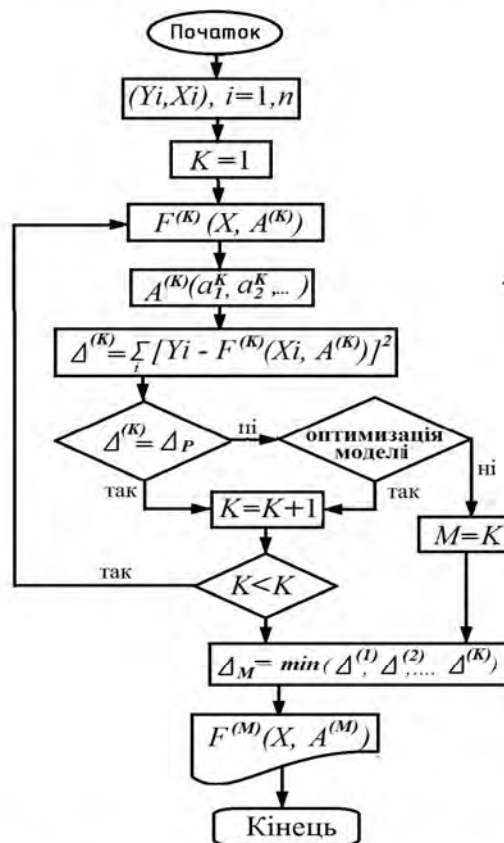


Рис. 1. Алгоритм комп'ютерної програми "Експрес-1"

Таблиця 1

Експертні дані зразків-аналогів

Марка автомобіля	Вантажопід'ємність <i>M</i> , т	Вартість ТО <i>C<sub>i</sub></i> , тис. грн
ГАЗ-3302	1,2	8,8
ЗИЛ-4331	6,0	10,2
Урал-377	7,5	10,3
КрАЗ-6322	10,0	10,8
КамАЗ-65115	15	12,1
КамАЗ-6620	20	13,2
МАЗ-3012	25	14,4
МАЗ-6516	30	15,5

Зауважимо, що визначальним параметром можуть бути й інші характеристики автомобіля, наприклад, його пробіг або повна витрата пального до капітального ремонту. Як правило, вибирають найбільш визначений і стабільний параметр.

Експертні дані витрат на проведення діагностичних робіт на автомобілях-аналогах отримані за технологічними картами відповідного ТО. Чим більше табличних даних за зразками-аналогами, тим більш реалістичною буде шукана аналітична залежність.

Аналітичну залежність, яка найбільше наближена до табличних (експертних) даних, знайдемо з аналізу різноманітних математичних моделей у вигляді поліноміальних, гіперболічних та степеневих функцій:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= a \cdot x + e; \\
 y_2 &= a \cdot x^2 + b \cdot x + c; \\
 y_3 &= a \cdot x^3 + b \cdot x^2 + c \cdot x + d; \\
 y_4 &= a \cdot x^4 + b \cdot x^3 + c \cdot x^2 + dx + e; \\
 y_5 &= \frac{a}{x} + b \cdot x^3 + c \cdot x^2 + d \cdot x + e; \\
 y_7 &= \frac{a}{x} + \frac{b}{x^2} + \frac{c}{x^3} + d; \\
 y_8 &= a \cdot x^2 + b; \\
 y_9 &= a \cdot x + \frac{b}{x} + c; \\
 y_{10} &= a \cdot x^2 + \frac{b}{x^2} + c; \\
 y_{11} &= a \cdot x^e.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Функції  $y_i(x)$  ототожнюють витрати на ТО одного автомобіля  $C_i$ , тис. грн; аргумент  $x$  – вантажопід'ємність автомобіля  $M_i$ , т; коефіцієнти  $a, b, c, d, e$  характеризують темп збільшення витрат відповідно до зростання вантажопід'ємності та ціноутворення на даний період.

Коефіцієнти  $a, b, c, d, e$  визначаються за процедурою метода найменших квадратів [5]. Ставиться вимога, щоб сума квадратів відхилень аналітичних даних  $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2$  від табличних була мінімальною, тобто

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = G(a, b, c, d, e) = \sum_{i=1}^n [\bar{y}_i - y_i(x)]^2 \rightarrow \min, \tag{3}$$

де  $\bar{y}_i$  – табличне значення функції  $y_i(x)$ .

Необхідною умовою мінімуму функції  $G(a, b, c, d, e)$  є рівність нулю її часткових похідних:

$$\frac{\partial G}{\partial a} = 0; \quad \frac{\partial G}{\partial b} = 0; \quad \frac{\partial G}{\partial e} = 0. \tag{4}$$

Визначення коефіцієнтів системи рівнянь (2) і подальші розрахунки виконують за спеціально розробленою комп'ютерною програмою “Експрес-1” у середовищі MATLE-6. За результатами розрахунків запропоновані моделі-функції (2) разом з величинами відхилень  $\varepsilon_i^2$  набувають такого вигляду:



$$\begin{aligned}
 y_1 &= 0,230 \cdot x + 8,608 \rightarrow \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 0,068; \\
 y_2 &= -0,146 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 + 0,235 \cdot x + 8,584 \rightarrow \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 0,067; \\
 y_3 &= 0,191 \cdot 10^{-4} \cdot x^3 - 0,103 \cdot 10^{-2} \cdot x^2 + 0,246 \cdot x + 8,557 \rightarrow \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 0,066; \\
 y_4 &= -0,969 \cdot 10^{-5} \cdot x^4 - 0,613 \cdot 10^{-3} \cdot x^3 + 1,253 \cdot 10^{-2} \cdot x^2 + 0,320 \cdot x + 8,457 \rightarrow \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 0,053; \\
 y_5 &= -1,226 \cdot \frac{1}{x} - 0,185 \cdot x^3 + 1,087 \cdot 10^{-2} \cdot x^2 + 3,225 \cdot 10^{-2} \cdot x + 9,770 \rightarrow \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 0,033; \\
 y_6 &= -47,085 \cdot \frac{1}{x} - 46,310 \cdot \frac{1}{x^2} + 15,892 \rightarrow \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 4,677; \\
 y_7 &= -145,362 \cdot \frac{1}{x} + 649,873 \cdot \frac{1}{x^2} - 588,622 \cdot \frac{1}{x^3} + 19,272 \rightarrow \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 0,424; \\
 y_8 &= 0,683 \cdot 10^{-2} \cdot x^2 + 9,902 \rightarrow \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 2,397; \\
 y_9 &= 0,227 \cdot x - 0,174 \cdot \frac{1}{x} + 8,683 \rightarrow \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 0,088; \\
 y_{10} &= 0,623 \cdot 10^{-2} \cdot x^2 - 2,180 \cdot \frac{1}{x^2} + 10,290 \rightarrow \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 0,542; \\
 y_{11} &= 7,92 \cdot x^{0,17} \rightarrow \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 4,871.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

З аналізу отриманих даних (5) випливає, що найбільший критерій точності за величиною відхилень  $\varepsilon_i^2$  відносно експертних величин має математична модель № 5  $\left( \sum_{i=1}^8 \varepsilon_i^2 = 0,033 \right)$ .

Незважаючи на нібито значні відхилення від експертних даних, зручною для попередніх розрахунків у ручному режимі є модель № 11 у вигляді формули

$$C = 7,92 \cdot M^{0,17}. \tag{6}$$

Ураховуючи швидкоплинну зміну ціноутворення в умовах нестабільної економіки, вартість проведення будь-яких робіт, у тому числі ТО автомобілів, доцільно оцінювати відносними показниками, які, на відміну від абсолютних, особливо для статистичних задач, мають динамічну і прогнозовану порівняльну властивості. У зв'язку з цим пропонується визначити вартість ТО,

віднесена до однієї тонни вантажопід'ємності автомобіля, тобто  $\bar{C} = \frac{C}{M}, \frac{\text{тис. грн}}{\text{т}}$ .

Для порівняльного аналізу отриманих результатів розглянемо найбільш значущі математичні моделі у відносному виконанні (див. табл. 2).

У відносному виразі параметрів формула (5) набирає такого вигляду:

$$\bar{C} = 7,92 M^{-0,83}. \tag{7}$$

Для більшої наочності дані табл. 2 представлені графічно (див. рис. 2).

Таблиця 2

Відносні показники вартості ТО

Вантажопід'ємність $M$ , т	1,2	6,0	7,5	10,0	15	20	25	30
Вартість ТО-2 $C$ , тис. грн	8,8	10,2	10,3	10,8	12,1	13,2	14,4	15,5
$\bar{C}_{e_i} = \frac{C_{e_i}}{M_i}, \frac{\text{тис. грн}}{\text{т}}$	7,33	1,70	1,37	1,08	0,81	0,66	0,58	0,52
$\bar{C}_5 = \frac{C_{5i}}{M_i}, \frac{\text{тис. грн}}{\text{т}}$	7,34	1,69	1,38	1,09	0,80	0,66	0,58	0,52
$\bar{C}_{11} = \frac{C_{11}}{M_i}, \frac{\text{тис. грн}}{\text{т}}$	6,81	1,79	1,49	1,17	0,84	0,66	0,55	0,47

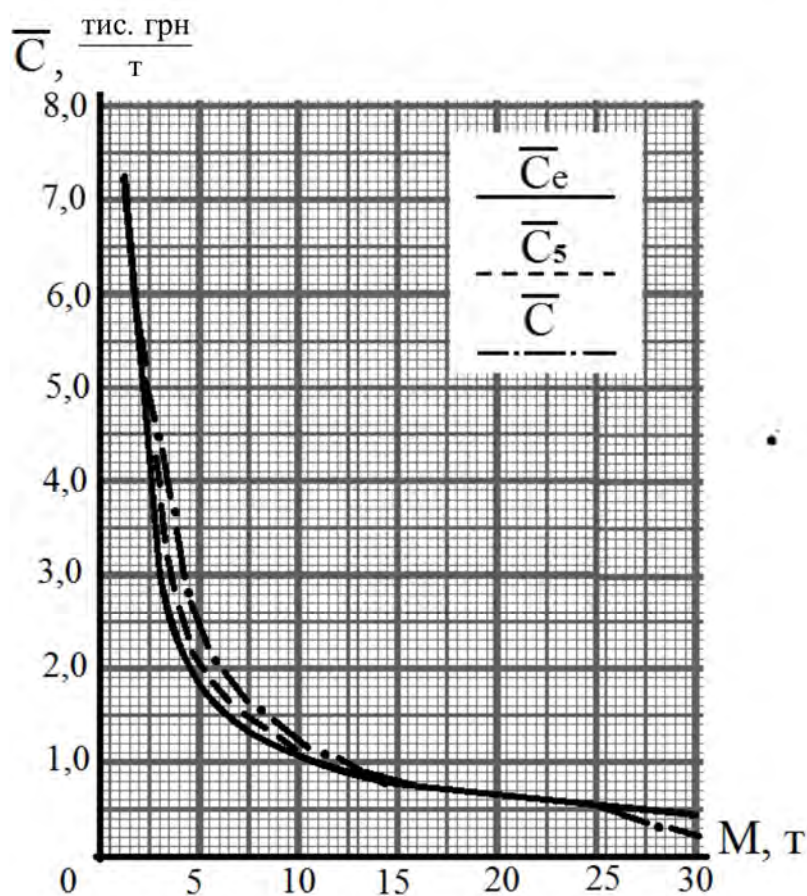


Рис. 2. Графічне зображення моделей функцій

### Висновки

1. Серед розглянутих моделей функцій найбільш доцільною виявилася модель № 5 (гіперболічний поліном), за якою отримані найменші відхилення вартості ТО відносно експертних даних.
2. Разом з тим, як показують табличне та графічне порівняння, для попереднього аналізу придатна і модель № 11, формула (7), якої достатньо проста і зручна у користуванні. Корегуючи коефіцієнти пропорційності 7,92 та регресії 0,17 згідно із станом економіки і кон'юнктурою ціноутворення, можливо отримати як сучасну, так і прогнозовану вартість проведення ТО автомобілів.
3. Існуючі ІТ-технології мають величезні можливості. Їх активно використовують для розв'язування широкого кола проблем. Запропонований автоматизований метод, як один із них, є узагальненим підходом до можливого оцінювання в режимі online вартості підтримання бойового



стану різних зразків ОВТ на будь-яких етапах їх експлуатації.

#### **Список використаних джерел**

1. Gabeaud, Essai sur la Theorie des Resistences passives dans la Boueche a Feu, Metorial de L`Artillerie Francaise, t. XVI, 1,2 1936.
2. Орлов, Б. В. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий [Текст] : учебник / Б. В. Орлов, Э. К. Лорман, В. Г. Маликов. – М. : Машиностроение, 1976. – 432 с.
3. Соколовський, С. А. Економічна оцінка витрат на експлуатацію автомобільних цистерн [Текст] / С. А. Соколовський // Зб. тез доп. III наук.-практ. конф., Харків, 30.03.2011 р. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2011. – С. 4–5.
4. Голубок, М. Г. Забезпечення ефективної оборони об'єктів підрозділами гвардії [Текст] / М. Г. Голубок // Зб. тез доп. VII наук.-практ. конф., Харків, 31.03.2016 р. – Х. : НА НГУ, 2016. – С. 18–19.
5. Зельдович, Я. Б. Элементы прикладной математики [Текст] : справочник / Я. Б. Зельдович, А. Д. Мышкис. – М. : Наука, 1965. – 615 с.

*Стаття надійшла до редакції 19.09.2016 р.*

**УДК 621.317**

**О. Ю. Шабалін**

#### **ОБОБЩЕННЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СТОИМОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Предлагается как одна из разновидностей ИТ-технологий автоматизированный метод экспресс-анализа стоимости технического обслуживания образцов вооружения и военной техники на разных этапах их эксплуатации.*

*К л ю ч е в ы е с л о в а: техническое обслуживание, стоимость эксплуатации вооружения и военной техники, образцы–аналоги, математические модели задачи, метод наименьших квадратов, критерий точности решения.*

**UDC 621.317**

**O. Yu. Shabalin**

#### **GENERALIZED APPROACH TO VALUATION REPAIR AND DIAGNOSTIC SERVICE WEAPONS AND EQUIPMENT AT VARIOUS STAGES OF OPERATION**

*It is proposed as one form of technology automated method for rapid analysis of the cost of maintenance (MOT) samples of weapons and military technology (IWT) at different stages of their application.*

*К e y w o r d s: maintenance, operating cost of weapons and military equipment, samples of analogs, mathematical problem model, least squares method, the criterion of accuracy of the solution.*

**Шабалін Олег Юрійович** – кандидат військових наук, заступник начальника Національної академії Національної гвардії України з озброєння та техніки – начальник відділу технічного забезпечення.