

DOI 10.33099/2786-7714-2025-1-8-84-91

УДК 519.2-623.1/7

П'явчук Олександр Олександрович (доктор філософії)

<https://orcid.org/0000-0002-5623-1866>

Дуленко Дмитро Іванович (кандидат військових наук)

<https://orcid.org/0000-0002-3900-1612>

Іванов Василь Іванович

<https://orcid.org/0000-0002-1963-1991>

Целіщев Юрій Павлович (кандидат технічних наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0002-6308-4024>

Національний університет оборони України, Київ, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

З початком широкомасштабної агресії російської федерації в Повітряні Сили Збройних Сил України стала надходити військово-технічна допомога від зарубіжних країн-партнерів. Таким чином, склалась ситуація, коли в умовах ведення бойових дій високої інтенсивності, авіація Повітряних Сил Збройних Сил України застосовує як зразки засобів ураження, вироблені за часів Радянського Союзу, так і сучасні зразки вітчизняного та іноземного виробництва, зокрема і авіаційні засоби ураження, які під час експлуатування необхідно зберігати, обслуговувати та відновлювати у разі їх несправності.

Одним з ключових факторів, що безпосередньо впливає на реалізацію спроможності Збройних Сил України та впливає на об'єктивну потребу створення в країні універсальної та ефективної системи забезпечення справності авіаційних засобів ураження, за якими не здійснюється авторський нагляд (іноземної розробки та виготовлення) є прийняття обґрунтованого системно-концептуального рішення щодо забезпечення Збройних Сил України справними авіаційними засобами ураження.

Метою статті є проведення оцінювання техніко-економічної ефективності експлуатування авіаційних засобів ураження на стадіях життєвого циклу "використання" та "підтримка" та надання рекомендацій щодо підвищення ефективності їх технічного обслуговування з урахуванням дифузійно-немонотонного розподілу відмов шляхом встановлення оптимальної періодичності проведення технічних обслуговувань.

Під час оцінювання техніко-економічної ефективності вирішуються три основних завдання, а саме: визначаються економічні витрати для досягнення заданого рівня коефіцієнта технічного використання, визначаються мінімальні економічні витрати, які забезпечують певний рівень коефіцієнта технічного використання та визначається заданий рівень коефіцієнта технічного використання при мінімальних фінансових витратах.

Ключові слова: життєвий цикл, коефіцієнт технічного використання, питомі витрати, технічне обслуговування, техніко-економічна ефективність.

Вступ

Аналіз досвіду російсько-української війни свідчить про те, що при проведенні повітряно-наземних операцій пріоритетним напрямом збройної боротьби є відновлення та підтримання справності авіаційних засобів ураження (АЗУ) як одного з ключових проблемних завдань, що безпосередньо впливає на реалізацію спроможностей Повітряних Сил Збройних Сил України та на об'єктивну потребу створення в країні універсальної та ефективної системи забезпечення справності АЗУ, за якими не здійснюється авторський нагляд (іноземної розробки та виготовлення). Для проведення оцінки техніко-економічної ефективності функціонування системи забезпечення справності АЗУ необхідно визначити показники та критерії ефективності їх технічного обслуговування (ТО).

АЗУ зберігаються на арсеналах, базах (складах) протягом досить тривалого часу. Призначений

виробником термін служби (ресурс) таких АЗУ складає 18-20 років. Наразі у Збройних Силах України більшість авіаційних засобів ураження зберігаються більше призначеного терміну служби (ресурсу), а деякі вироби АЗУ зберігаються майже 40 років [1]. Завдяки закладеній під час конструювання високій надійності такі зразки АЗУ після їх перевірки (проведення ТО) можуть бути видані у військові частини авіації для безпосереднього застосування. Характерною ознакою АЗУ є те, що під час їх зберігання на арсеналах (складах) інформація про їх технічний стан не надходить. Тобто інформація про їх технічний стан може бути отримана під час проведення ТО. Крім того, інформація про надійність АЗУ міститься у моделях відмов.

Враховуючи зазначене, постає актуальне завдання, яке полягає у оцінюванні техніко-економічної ефективності використання (зберігання) АЗУ. Це завдання може бути

вирішено за рахунок використання удосконаленої методики підвищення ефективності ТО АЗУ для вирішення завдань забезпечення призначених показників надійності та обґрунтування рекомендацій щодо їх застосування.

Тому метою статті є відображення результатів оцінювання техніко-економічної ефективності експлуатування АЗУ.

Матеріали та методи

Дослідження обраної у статті тематики базується на загальнонаукових методах (аналізу, порівняння), положеннях системного підходу до розв'язання складних завдань, окремих положеннях теорії імовірності, надійності систем та воєнно-економічному аналізі.

Результати

Для проведення процедури техніко-економічного оцінювання ефективності використання (зберігання) АЗУ необхідно мати наступні вихідні дані [2, 3]:

- залишкову вартість зразка АЗУ;
- призначений строк служби зразка АЗУ;
- витрати на планове ТО та ремонт.

Аналіз предметної галузі дослідження показав, що у існуючій вітчизняній та зарубіжній науковій літературі відсутні публікації, у яких досліджуються питання, пов'язані з обґрунтуванням (оцінкою) вартості життєвих циклів зразків АЗУ. Виходячи з цього, у цій роботі проаналізовано основні стадії життєвого циклу зразків АЗУ, а також подано підхід до обґрунтування вартості життєвого циклу АЗУ з використанням інформаційної підтримки на базі сучасних інформаційних технологій. Обґрунтування вартості життєвого циклу зразка АЗУ є найважливішим етапом підтримки прийняття рішення щодо розробки (закупівлі) зразка АЗУ, а точність розрахунків та об'єктивність оцінки вартості життєвого циклу безпосередньо впливає на правильність прийняття рішення.

В роботах [4-6] частково розглянуто питання величини економічних витрат на підтримку життєвих циклів зразків озброєння та військової техніки.

В англомовній літературі ці витрати зазвичай позначаються аббревіатурою Life Cycle Cost (LCC) [4-6]. Ці витрати складаються з витрат на попередні дослідження, розробку та виробництво виробу, а також витрат на введення виробу в дію, застосування за призначенням, підтримання його у працездатному стані та утилізацію після закінчення терміну служби.

В даній статті на основі розробленої та розглянутої в роботах [7, 8] математичної моделі та методики підвищення ефективності ТО АЗУ із застосуванням дифузійно-немонотонного розподілу проведено практичні розрахунки, на підставі аналізу яких розроблено рекомендації щодо використання удосконаленої методики підвищення ефективності ТО АЗУ шляхом встановлення оптимальної періодичності

проведення ТО. Розроблено алгоритм підвищення ефективності ТО АЗУ за критерієм “ефективність-вартість” та визначено оптимальну періодичність проведення ТО для досліджуваних зразків авіаційних засобів ураження.

В статті вирішуються три основних завдання, а саме:

- визначаються економічні витрати для досягнення заданого рівня коефіцієнта технічного використання $K_{ТВ}$;
- визначаються мінімальні економічні витрати, які забезпечують певний рівень $K_{ТВ}$;
- досягається заданий рівень $K_{ТВ}$ при мінімальних фінансових витратах.

Відповідно до наведених вихідних даних матриця витрат на експлуатування, ТО і ремонт зразка АЗУ буде мати вигляд:

$$C_{ij} = \begin{vmatrix} 11,206 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 123 & 11,206 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 11,206 & 1,468 & 123 \\ 528 & 0 & 0 & 11,206 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 11,206 \end{vmatrix}. \quad (1)$$

В наведеній матриці розмірність елементів, що знаходяться на головній діагоналі – тис. грн/рік, а решта елементів мають розмірність у тис. грн.

Для застосування критерію “вартість – ефективність” необхідно було встановити залежність вартості експлуатації від основних параметрів математичної моделі. Вперше така залежність була отримана в роботі [9] і має вигляд:

$$C_i(T) = C_{ii}(T)\xi_i(T) + \sum_{j=1}^5 P_{ij}(T)C_{ij}(T), \quad (2)$$

де: $C_{ii}(T)$ – витрати на перебування виробу в станах процесу технічного експлуатування, тис. грн/год;

$\xi_i(T)$ – середня тривалість перебування виробу у будь-якому стані h ;

$P_{ij}(T)$ – матриця перехідних ймовірностей напівмарковського процесу зі стану i до стану j ;

$C_{ij}(T)$ – витрати на вихід виробу зі станів технічної експлуатації, тис. грн.

Матриця витрат у відповідності до (1) буде мати вигляд:

$$C = \begin{vmatrix} C_{11}\xi_1(T) + P_{12}(T)C_{12} + P_{13}(T)C_{13} \\ C_{22}\xi_2(T) + P_{21}(T)C_{21} \\ C_{13}\xi_3(T) + P_{34}(T)C_{34} + P_{35}(T)C_{35} \\ C_{44}\xi_4(T) + P_{41}(T)C_{41} \\ C_{55}\xi_5(T) + P_{53}(T)C_{53} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 89,652 \\ 240,031 \\ 9,602 \\ 240,128 \\ 89,652 \end{vmatrix}.$$

Далі здійснимо розрахунок питомих витрат на одиницю календарного часу відповідно до формули:

$$C_{\text{пит}}(T) = \frac{\sum_1^5 C \cdot \pi_i(T)}{\xi_{\text{сер}}}. \quad (3)$$

Після підстановки розрахункових даних у формулу (3), отримуємо:

$$C_{\text{пит}}(T) = 82,391 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок питомих витрат на одиницю часу

перебування в станах розраховується за формулою:

$$C_{\text{ПІТ}} = \frac{C_{\text{ПІТ}}(T) \xi_{\text{сеп}}(T)}{\pi_i(T) \xi_i(T)}. \quad (4)$$

Розрахунки за формулою (4) дозволяють отримати вектор питомих витрат за одиницю часу перебування у станах моделі:

$$C_{\text{numi}} = \begin{bmatrix} 82,471188 \\ 2,41037 \cdot 10^5 \\ 2,937665 \cdot 10^8 \\ 3,957688 \cdot 10^6 \\ 1,355373 \cdot 10^5 \end{bmatrix} \text{ тис. грн/рік.} \quad (5)$$

Розрахунок питомих витрат за одиницю перебування у працездатному стані розраховується за формулою:

$$C_{1\text{ПІТ}}(T) = \frac{C_{\text{ПІТ}}(T) \xi_{\text{сеп}}(T)}{\pi_1(T) \omega_1(T)}. \quad (6)$$

Якщо виконати розрахунки за формулою (6), отримаємо: $C_{1\text{ПІТ}}(T) = 82,658$ тис. грн/рік.

За виразом (6) здійснені розрахунки залежності $C_{1\text{ПІТ}}(T)$ від періодичності проведення ТО. Така залежність показана на рис. 1, на цьому ж графіку наведена залежність похідної від $C_{1\text{ПІТ}}(T)$, а саме $\frac{d}{dT} C_{1\text{ПІТ}}(T)$ при заданих параметрах математичної моделі.

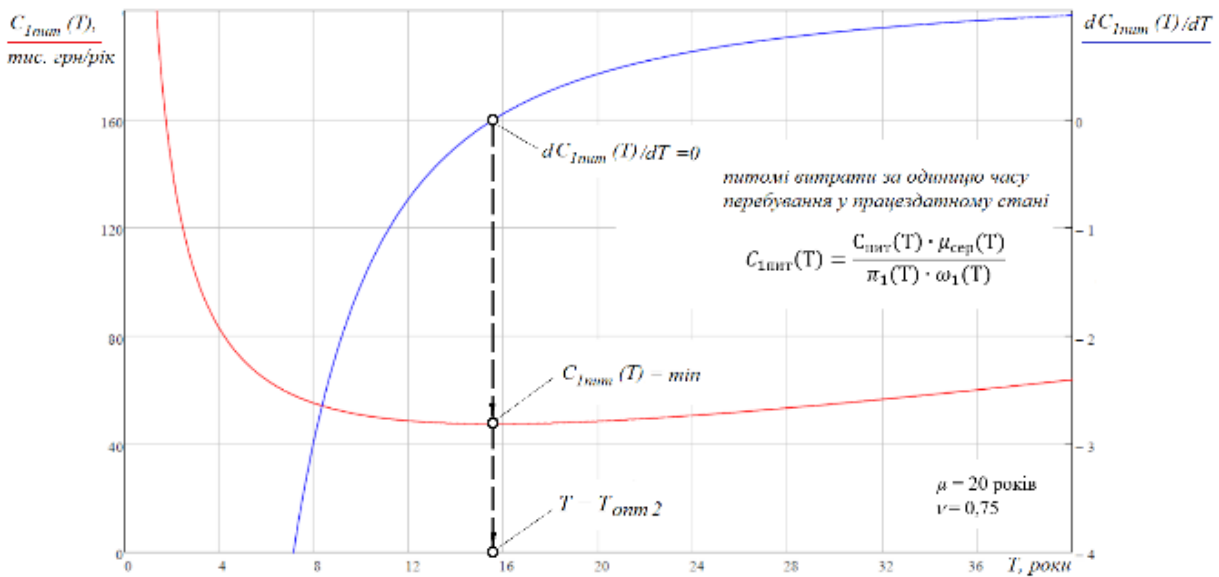


Рисунок 1. Графік залежності питомих витрат за одиницю часу перебування у працездатному стані $C_{1\text{num}}$ та їх похідної $dC_{1\text{num}}/dT$ від періодичності проведення технічного обслуговування

З аналізу графіка на рис. 1 робимо висновок, що оптимальний період проведення ТО дорівнює $T_{\text{опт2}} = 15,622$ років. При цьому питомі витрати на одиницю часу перебування у справному стані дорівнюють $C_{1\text{ПІТmin}} = 47,251$ тис. грн/рік.

Представимо порядок проведення розрахунків та отримані результати.

Витрати на перебування та вихід зі станів напівмарківського процесу розраховується за формулою:

$$C(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) = C_{ii} \xi(T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B)_i + \sum_{j=1}^5 (P(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}})_{ij} C_{ij}), \quad (7)$$

де: μ – параметр масштабу;

ν – параметр форми;

t_K – тривалість контролю зразка АЗУ засобами контролю;

$t_{\text{П}}$ – тривалість проведення профілактичних робіт;

t_B – тривалість повного відновлення зразка АЗУ у разі його несправності;

T – періодичність проведення технічного обслуговування зразків АЗУ

$d_{\text{НГ}}$ – достовірність контролю зразка АЗУ засобами перевірки.

Розкриємо останній вираз у такий спосіб:

$$C(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) = \begin{bmatrix} C_{11} \xi_1(T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B) + P_{12}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}) C_{12} + P_{13}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}) C_{13} \\ C_{22} \xi_2(T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B) + P_{21}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}) C_{21} \\ C_{33} \xi_3(T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B) + P_{34}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}) C_{34} + P_{35}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}) C_{35} \\ C_{44} \xi_4(T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B) + P_{41}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}) C_{41} \\ C_{55} \xi_5(T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B) + P_{53}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}) C_{53} \end{bmatrix}.$$

Після проведення розрахунків отримуємо наступний результат:

$$C(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) = \begin{bmatrix} 89,652 \\ 240,031 \\ 9,602 \\ 240,128 \\ 89,652 \end{bmatrix} \text{ тис. грн.}$$

Далі здійснимо розрахунок питомих витрат на одиницю календарного часу:

$$C_{\text{ПІТ}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) = \frac{\sum_{i=1}^5 (C_i(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) + \pi_i(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}))}{\xi_{\text{сеп}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B)}$$

Виконавши розрахунки, отримуємо наступний результат:

$$C_{\text{ПІТ}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) = 82,391 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок питомих витрат за одиницю часу перебування у працездатному стані розраховується за формулою:

$$C_{1\text{ПІТ}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) = \frac{C_{\text{ПІТ}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) \cdot \xi_{\text{сер}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C)}{\pi_1(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}) \cdot \omega_1(\mu, \nu, T)}$$

Виконавши розрахунки, отримуємо наступний результат:

$$C_{1\text{ПІТ}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) = 82,658 \text{ тис. грн.}$$

Далі проведемо розрахунок похідної питомих витрат за одиницю перебування зразка АЗУ у справному стані:

$$\frac{dC_{1\text{ПІТ}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C)}{dT} = \frac{d}{dT} C_{1\text{ПІТ}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C)$$

Після проведення розрахунків з остаточного виразу отримуємо: $dC_{1\text{ПІТ}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) = -14,729 \text{ тис. грн/рік.}$

Далі проведемо розрахунок оптимального періоду $T_{\text{ОПТ2}}$ проведення контролю технічного стану зразка АЗУ за умови, що $C_{1\text{ПІТ}}$ буде мінімальним.

Нагадаємо, що $T_{\text{ОПТ1}}$ отриманий за умови, що $K_{\text{ТВ}}$ буде дорівнювати максимальному значенню. Оптимальний період $T_{\text{ОПТ2}}$ отримаємо за умови, що $C_{1\text{ПІТ}}$ буде мінімальним.

Отже, після виконання розрахунків отримаємо: $T_{\text{ОПТ2}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) = 15,622 \text{ років,}$ що наведено на рис. 1.

Мінімальні питомі витрати за одиницю часу перебування ракет у справному стані за умови, що $T_{\text{ОПТ2}} = 15,622 \text{ років}$ будуть дорівнювати $C_{1\text{ПІТmin}} = 47,251 \text{ тис. грн/рік.}$

Залежність $K_{\text{ТВ}}$ зразка авіаційного засобу ураження за умови мінімальних витрат за одиницю часу перебування у справному стані буде дорівнювати:

$$K_{\text{ТВ}}(\mu, \nu, T_{\text{опт2}}(\mu, \nu, T, d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C), d_{\text{НГ}}, t_K, t_{\text{П}}, t_B, C) = 0,79941.$$

Обговорення

На рис. 2 наведена залежність питомих витрат за одиницю часу перебування АЗУ у справному стані від періодичності проведення ТО при різних значеннях коефіцієнту масштабу μ для дифузійно-немоногоного закону розподілу.

За результатами аналізу графіку встановлено існування оптимальної періодичності $T_{\text{ОПТ}}$ проведення ТО, при яких будуть мінімальні питомі витрати $C_{1\text{ПІТ}}$.

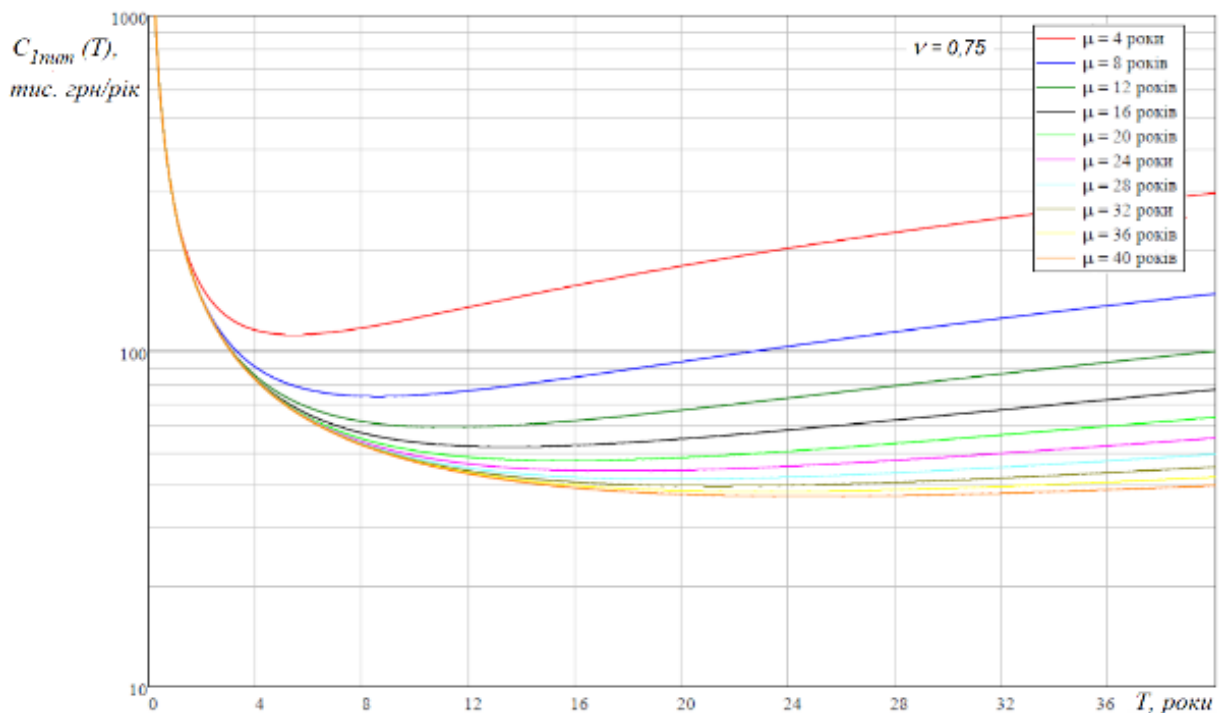


Рисунок 2. Графік залежності питомих витрат за одиницю часу перебування у справному стані $C_{1\text{ПІТ}}$ від періодичності проведення технічного обслуговування при різному рівні надійності виробів

На рис. 3 наведені залежності $K_{\text{ТВ}}$ та питомих витрат $C_{1\text{ПІТ}}$ за одиницю часу перебування у

справному стані від періодичності проведення ТО при різних значеннях коефіцієнту масштабу μ .

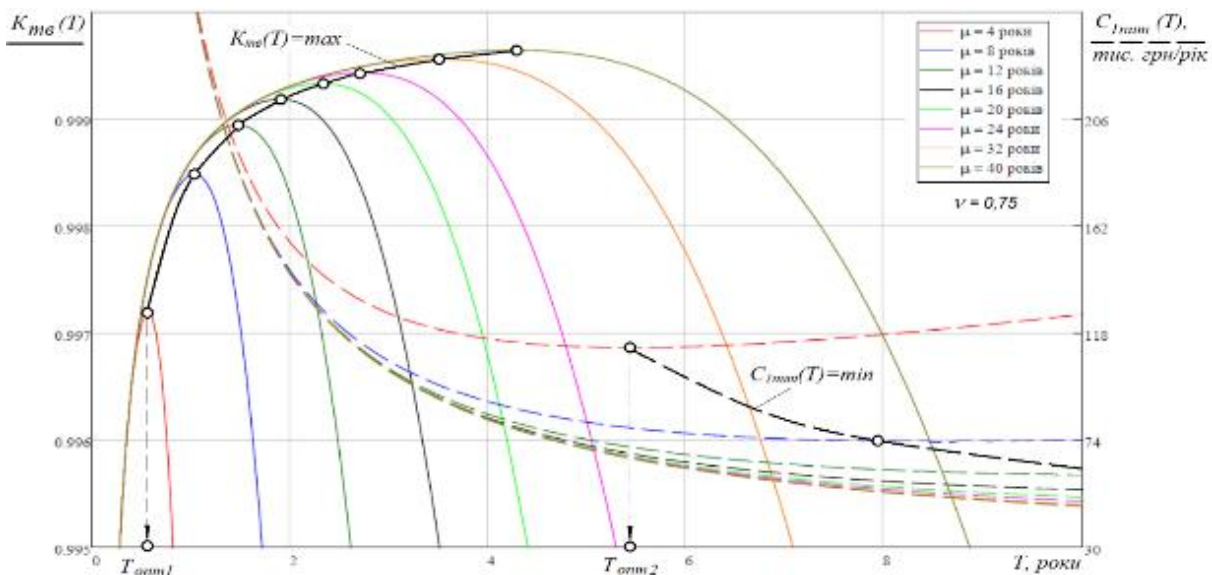


Рисунок 3. Графік залежності коефіцієнту технічного використання K_{mv} (суцільні лінії) та питомих витрат за одиницю часу перебування у справному стані C_{1num} (переривчасті лінії) від періодичності проведення ТО T при різному рівні надійності виробів з візуалізацією ліній $K_{mv}(T)=max$ та $C_{1num}(T)=min$

На рис. 4 наведено порівняння оптимальних періодів проведення ТО при різному рівні надійності виробів: T_{opt1} (критерій $K_{TB} \rightarrow max$), T_{opt2} (критерій $C_{1num}(T) \rightarrow min$) та T_{opt3} (критерій

$C_{1num}(T) \rightarrow min$ за умови $K_{mv}(T) \geq K_{mv\text{ зад}}$). Існуюча періодичність ТО $T = const = 4$ роки введена суцільною лінією.

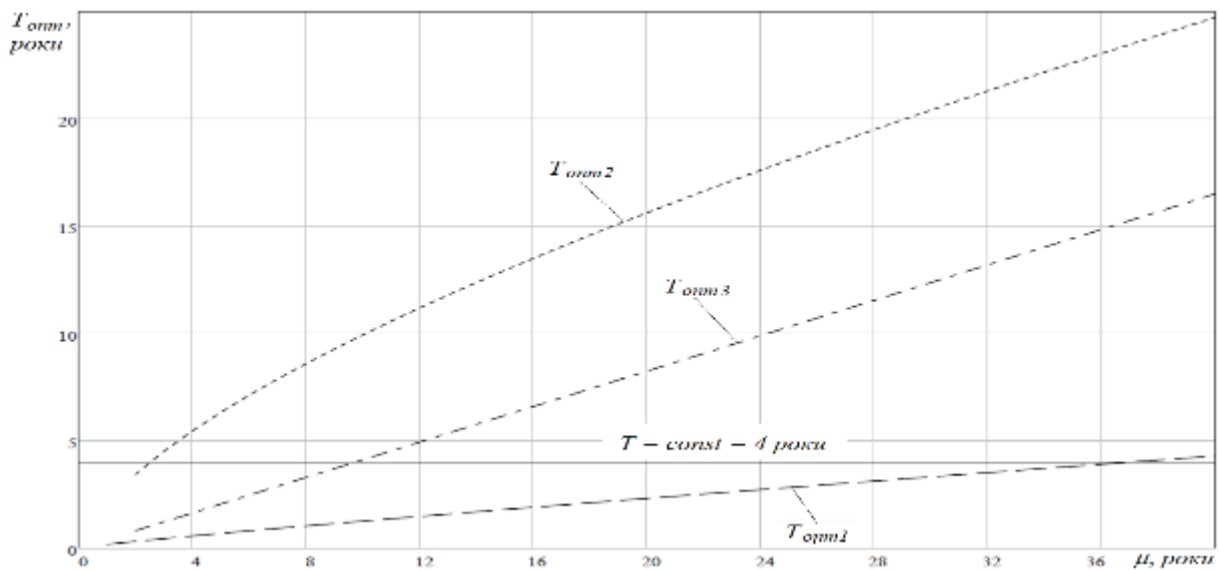


Рисунок 4. Порівняння оптимальних періодів проведення технічного обслуговування при різному рівні надійності виробів

При знаходженні оптимального часу проведення ТО T_{opt3} за “змішаним” критерієм $C_{1num}(T) \rightarrow min$ за умови $K_{mv}(T) \geq K_{mv\text{ зад}}$ потрібно розглядати 2 випадки:

1. Якщо при періодичності T_{opt2} (критерій $C_{1num}(T) \rightarrow min$), що була знайдена вище як корінь рівняння $dC_{1num}(T)/dT=0$, значення $K_{mv}(T_{opt2}) < K_{mv\text{ зад}}$ (як показано на рис. 5), то в цьому випадку значення T_{opt3} необхідно шукати на

інтервалі (T_{opt1}, T_{opt2}) , тобто $T_{opt1} < T_{opt3} < T_{opt2}$ як корінь неявного рівняння $K_{mv}(T) - K_{mv\text{ зад}} = 0$. Для знаходження величини T_{opt3} у цьому випадку використовувалась чисельна функція “root” Matchcad 15.0, аргументами якої є форма неявної функції, назва змінної, за якою відбувається пошук кореня, та діапазон пошуку, в нашому випадку це інтервал між $T_{opt1} \dots T_{opt2}$.

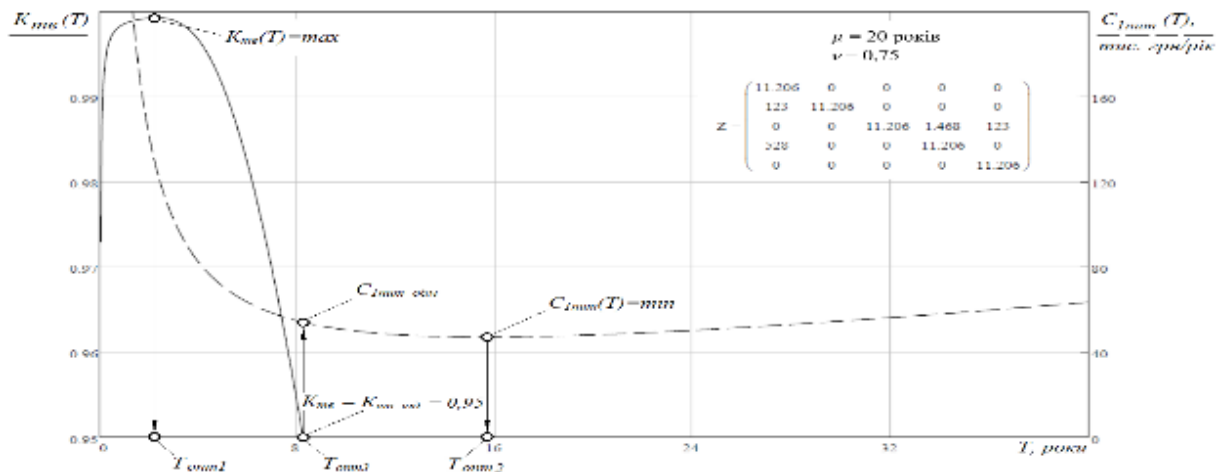


Рисунок 5. Визначення оптимальної періодичності проведення регламентних робіт T_{opt3} (критерій $C_{1num}(T) \rightarrow \min$ за умови $K_{mv}(T) \geq K_{mv \text{ зад}}$) для випадку $K_{mv}(T_{opt2}) < K_{mv \text{ зад}}$

На рис. 6 відповідно до закладених вихідних даних побудовано графік визначення оптимальної періодичності ТО T_{opt3} (критерій $C_{1num}(T) \rightarrow \min$ за умови $K_{mv}(T) \geq K_{mv \text{ зад}}$) для випадку $K_{mv}(T_{opt2}) < K_{mv \text{ зад}}$, з якого стає зрозуміло, що для забезпечення максимального значення K_{mv} період проведення ТО повинен складати 1,85 років, для умови $C_{1num}(T) \rightarrow \min$ період проведення ТО повинен складати 15,97 років, а при заданому $K_{mv \text{ зад}} = 0,95$

період проведення ТО повинен складати 8,13 років.

2. Якщо при періодичності T_{opt2} значення $K_{mv}(T_{opt2}) \geq K_{mv \text{ зад}}$ (як наведено на рис. 6), тобто друга умова “змішаного” критерію оптимізації $K_{mv}(T) \geq K_{mv \text{ зад}}$ виконується автоматично, то в такому разі $T_{opt3} = T_{opt2}$, при цьому маємо $C_{1num}(T_{opt3}) = \min$, аналогічно випадку оптимізації виключно за критерієм $C_{1num}(T) \rightarrow \min$.

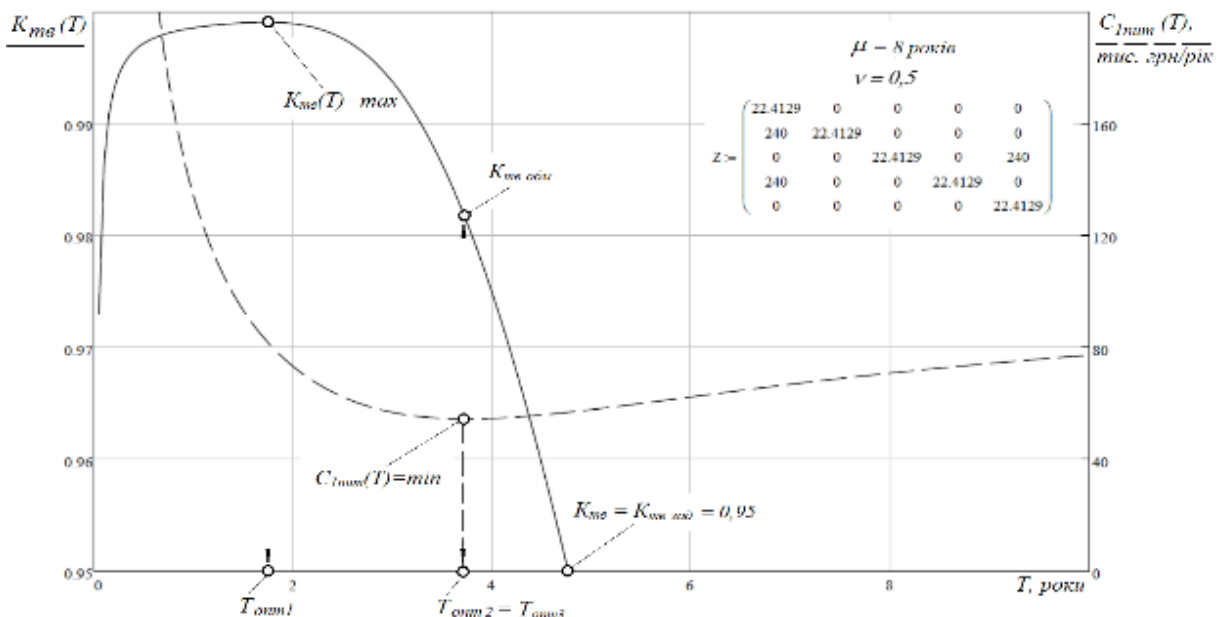


Рисунок 6. Визначення оптимальної періодичності проведення технічного обслуговування T_{opt3} (критерій $C_{1num}(T) \rightarrow \min$ за умови $K_{mv}(T) \geq K_{mv \text{ зад}}$) для випадку $K_{mv}(T_{opt2}) \geq K_{mv \text{ зад}}$

Найявні результати дають можливість порівняти оптимальні періоди проведення ТО за критерієм максимального значення коефіцієнту технічного використання і мінімальних питомих витрат на одиницю перебування АЗУ у справному стані.

Висновки

Таким чином, отримані результати розрахунків рекомендується використовувати в якості доповнення методичних рекомендацій начальника

Головного управління з організації виробництва боєприпасів та будівництва споруд спеціального призначення від 20.07.2022 “Зберігання, обслуговування та транспортування боєприпасів під час ведення бойових дій (проведення операцій)”; при плануванні ракетно-технічного забезпечення військових частин авіації Повітряних Сил при експлуатації авіаційних засобів ураження на етапі продовження призначених термінів

служби з метою підтримання виробів АЗУ у боеготовому стані, а саме при складанні план-графіку проведення регламентних робіт і технічних оглядів ракет відповідно до вимог “Положення про арсенали, бази та склади зберігання ракет і боєприпасів Збройних Сил України” та визначенні залишкових строків служби (ресурсів) як існуючих, так і зразків АЗУ іноземного виробництва, отриманих в якості військово-технічної допомоги, з урахуванням змін технічного стану їх електромеханічних, радіоелектронних, гідравлічних та гумо-технічних складових.

Список використаних джерел

1. Державна акціонерна холдингова компанія “АРТЕМ”, “Аналіз технічного стану ракет Р-27 та оцінка термінів доцільності продовження ресурсних показників (строку служби, строку зберігання)”, Державна акціонерна холдингова компанія “АРТЕМ”, Київ, Україна, 2022.
2. Система розроблення і поставлення на виробництво озброєння та військової техніки. Оцінювання вартості життєвого циклу озброєння та військової техніки. Основні положення, ДСТУ В-П 15.007:2021, Київ, Україна, 2021.
3. Колектив авторів, Основи управління оборонними ресурсами. Київ, Україна: навч. посіб. НУОУ, 2024.
4. RTO TR-SAS-054. 2007. Methods and models for life cycle costing RTO-SAS-054 Task Group Technical Report.
5. RTO TR-SAS-069. 2009. Code of practice for life cycle costing RTO-SAS-069 Task Group Technical Report. www.rto.nato.int.
6. Зубарев В. В., Ланецький Б. М., Лук’яничук В. В., Ніколаєв І. М. “Системно-концептуальні аспекти управління повним життєвим циклом системи зенітного ракетного озброєння”. Озброєння та військова техніка. 2020. № 2(26). С. 3–12 DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2020.2\(26\).3-12](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2020.2(26).3-12).
7. Опенько П.В., Яблонський П.М., Миронюк М.Ю., Козир А.Г., П’явчук О.О. “Математична модель технічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки з використанням розподілу часу безвідмовної роботи виробів у вигляді закону Вейбулла”. ДНДІ ВС ОВТ, м. Чернігів. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки / ДНДІ ВС ОВТ. – Чернігів: Євенок О.О., 2022. – Вип. № 2(12). С. 93-108. – ISSN 2706-7386.
8. П’явчук О.О., Опенько П.В., Яблонський П.М., Диптан В.П. “Математична модель зберігання авіаційних засобів ураження із застосуванням дифузійно-немонотонного розподілу їх відмов”. НАНГУ, м. Харків, науковий журнал “Честь і закон”, випуск №3 (82), Харків.: НАНГУ, 2022, С. 99-107.
9. P.V.Openko, V.V.Bychenkov, V.V.Polischuk, M.M. Pidhorodetskyi, A.G.Salii, O.Y.Salii. “Development Of Mathematical Models Of Process Of Change Of The Technical Condition Of Samples Of Building Technique Is During Realization Of Strategy Of Technical Exploitation According To Condition”. Київський національний університет будівництва та архітектури. Strength of Materials and Theory of Structure: Scientific and technical collected articles. – К.: KNUBA, 2023. – Issue 110. DOI: 10.32347/2410-2547.2023.110.375-392.

Oleksandr Piavchuk (PhD)

<https://orcid.org/0000-0002-5623-1866>

Dmytro Dulenko (Candidate of Technical Sciences)

<https://orcid.org/0000-0002-3900-1612>

Vasyl Ivanov

<https://orcid.org/0000-0002-1963-1991>

Yurii Tselitshev (Candidate of Technical Sciences, Associated Professor)

<https://orcid.org/0000-0002-6308-4024>

The National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE OPERATION OF AVIATION EQUIPMENT

After the start of the large-scale aggression of the Russian Federation, the Air Force of the Armed Forces of Ukraine began to receive military-technical assistance from foreign partner countries. Thus, a situation has arisen where, in conditions of high-intensity combat operations, the Air Force of the Armed Forces of Ukraine uses weapons produced during the Soviet Union as models, as well as modern models of domestic and foreign production, including aviation weapons, which during operation must be stored, maintained, and restored in the event of their malfunction.

One of the key factors that directly affects the implementation of the capabilities of the Armed Forces of Ukraine and affects the objective need to create a universal and effective system in the country to ensure the serviceability of aviation weapons that are not subject to authorial supervision (foreign development and production) is to make a well-founded systemic and conceptual decision to provide the Armed Forces of Ukraine with serviceable aviation weapons.

The purpose of the article is to assess the technical and economic efficiency of operating aircraft weapons at the “use” and “support” life cycle stages and providing recommendations for improving the efficiency of their maintenance, taking into account the diffusion-nonmonotonic distribution of failures by establishing the optimal frequency of maintenance.

When assessing technical and economic efficiency, three main tasks are solved, namely: determining the economic costs to achieve a given level of technical utilization coefficient, determining the minimum economic costs, which provide a certain level of technical utilization coefficient and determine a given level of technical utilization coefficient at minimal financial costs.

Keywords: *life cycle, technical utilization factor, unit costs, maintenance, technical and economic efficiency.*

References

1. Derzhavna aktsionerna kholdynhova kompaniya “ARTEM”, “Analiz tekhnichnoho stanu raket R-27 ta otsinka terminiv dotsil'nosti prodovzhennya resursnykh pokaznykiv (stroku sluzhby, stroku zberihannya)”, Derzhavna aktsionerna kholdynhova kompaniya “ARTEM”, Kyiv, Ukraine, 2022.
2. Systema rozroblennya i postavlennya na vyrobnytstvo ozbroynennya ta viys'kovoyi tekhniky. Otsynuvannya vartosti zhyttyevoho tsyклу ozbroynennya ta viys'kovoyi tekhniky. Osnovni polozhennya, DSTU V-P 15.007:2021, Kyiv, Ukraine, 2021.
3. Kolektyv avtoriv, Osnovy upravlinnya oboronnymy resursamy. Kyiv, Ukraine: navch. posib. NUOU, 2024.
4. RTO TR-SAS-054. 2007. Methods and models for life cycle costing RTO-SAS-054 Task Group Technical Report.
5. RTO TR-SAS-069. 2009. Code of practice for life cycle costing RTO-SAS-069 Task Group Technical Report. www.rto.nato.int.
6. Zubaryev V. V., Lanets'kyi B. M., Luk'yanchuk V. V., Nikolayev I. M. “Systemno-kontseptual'ni aspekty upravlinnya povnym zhyttyevym tsyklom systemy zenitnoho raketnoho ozbroynennya”. *Ozbroynennya ta viys'kova tekhnika*. 2020. № 2(26). S. 3–12 DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.2\(26\).3-12](https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.2(26).3-12).
7. Open'ko P.V., Yablons'kyi P.M., Myronyuk M.YU., Kozyr A.H., P'yavchuk O.O. “Matematychna model' tekhnichnoho obsluhovuvannya zrazkiv ozbroynennya ta viys'kovoyi tekhniky z vykorystanniam rozpodilu chasu bezvidmovnoyi roboty vyrobiv u vyhlyadi zakonu Veybulla”. DNDI VS OVT, m. Chernihiv. Zbirnyk naukovykh prats' Derzhavnoho naukovy-doslidnoho instytutu vyprobuvan' i sertyfikatsiyi ozbroynennya ta viys'kovoyi tekhniky // DNDI VS OVT. – Chernihiv: Yevenok O.O., 2022. – Vyp. № 2(12). S. 93-108. – ISSN 2706-7386.
8. P'yavchuk O.O., Open'ko P.V., Yablons'kyi P.M., Dyptan V.P. “Matematychna model' zberihannya aviatsiynykh zasobiv urazhennya iz zastosuvanniam dyfuziyno-nemonotonnoho rozpodilu yikh vidmov”. NANHU, m. Kharkiv, naukovyy zhurnal “Chest' i zakon”, vypusk №3 (82), Kharkiv.: NANHU, 2022. S. 99-107.
9. P.V.Openko, V.V.Bychenkov, V.V.Polischuk, M.M. Pidhorodetskyi, A.G.Salii, O.Y.Salii. “Development Of Mathematical Models Of Process Of Change Of The Technical Condition Of Samples Of Building Technique Is During Realization Of Strategy Of Technical Exploitation According To Condition”. *Kyyivs'kyi natsional'nyy universytet budivnytstva ta arkhitektury. Strength of Materials and Theory of Structure: Scientific and technical collected articles*. – K.: KNUBA, 2023. – Issue 110. DOI: 10.32347/2410-2547.2023.110.375-392.