

Дачковський Володимир Олександрович (кандидат технічних наук, доцент)

Овчаренко Ігор Володимирович (кандидат військових наук, доцент)

Новікова Ірина Вікторівна

Національний університет оборони України, Київ, Україна

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Досвід відбиття збройної агресії російської федерації проти України вказує на постійне зростання інтенсивності застосування засобів ураження. Проте, аналіз парку озброєння та військової техніки Збройних Сил України свідчить, що сьогодні прийнято на озброєння й допущено до експлуатації чималу кількість нових і модернізованих зразків озброєння та військової техніки, переважна більшість яких надійшла в межах міжнародної технічної допомоги. Водночас, застосування цих зразків обмежується встановленими нормами експлуатації, що забезпечують можливість виконання основних бойових завдань військовими частинами (підрозділами), їхню боєготовність і планове завантаження ремонтних підрозділів, військових частин й підприємств ремонтним фондом. Метою статті є розроблення техніко-економічної оцінки експлуатації озброєння та військової техніки для прогнозування витрат на експлуатацію груп зразків такої техніки. Під час написання статті був застосований метод розробки шляхів оптимізації експлуатації озброєння та військової техніки. Він враховує основи теорії експлуатаційного циклу озброєння та військової техніки, які дають змогу виявити взаємозв'язки, що існують між нормативними показниками та чинниками, що на них впливають. Запропоновано порядок розроблення шляхів оптимізації експлуатації озброєння та військової техніки. Цей порядок враховує основи теорії експлуатаційного циклу озброєння та військової техніки, що дають змогу виявити існуючі зв'язки між нормативними показниками і чинниками, які впливають на них. Також – надає змогу розглянути основні закономірності експлуатаційного циклу, забезпечити умови бойової готовності за запасом ходу і потреби бойової підготовки військових частин (підрозділів). Крім того запропонований порядок дасть змогу прогнозувати наведення зразків озброєння та військової техніки на ремонт і планувати типи експлуатаційних циклів й вимоги до них. Науковою новизною є визначення вимог до експлуатаційних циклів і проведення порівняльного аналізу можливих виокремлених типів таких циклів, з подальшим удосконаленням закономірностей експлуатаційних циклів, що підтверджуються розв'язанням задачі стосовно визначення кількісних значень основних нормуючих показників. Теоретична значущість полягає у пропонуванні загального підходу до порядку експлуатації груп зразків озброєння та військової техніки, що забезпечують ефективну бойову підготовку військових частин (підрозділів), високу боєготовність озброєння та військової техніки за запасом ходу і планове завантаження ремонтних підрозділів, військових частин, підприємств ремонтним фондом. Практичне значення запропонованого підходу щодо порядку експлуатації груп зразків озброєння та військової техніки надасть змогу оптимізувати їхні витрати на експлуатацію в операції (бойових діях).

***Ключові слова:** техніко-економічна оцінка, озброєння та військова техніка, експлуатація, ремонт, ресурс, система забезпечення, експлуатаційні цикли.*

Вступ

Постановка проблеми. Використання озброєння та військової техніки (далі – ОВТ) здійснюється відповідно до річних норм експлуатації, що забезпечують ефективну бойову підготовку військових частин (підрозділів), високу боєготовність ОВТ за запасом ходу і планове завантаження ремонтних підрозділів, військових частин, підприємств ремонтним фондом. Крім того, нормоване використання ОВТ дає змогу визначити витрати коштів на експлуатаційні матеріали і ремонт ОВТ [1].

Основи теорії експлуатаційного циклу ОВТ дають змогу виявити зв'язки, що існують між

нормативними показниками і чинниками, що впливають на них, обґрунтувати методику розрахунку річних норм використання ОВТ. Експлуатаційний цикл це результат безперервного впливу нормуючих показників на запас моторесурсу, яким володіють зразки ОВТ, що експлуатуються. Кожен із зразків ОВТ експлуатується в групі бойових машин, поки у нього є запас ходу, а потім аж до повного відпрацювання міжремонтного ресурсу в групі навчально-бойових машин. Замість зразків ОВТ, відправлених в капітальний ремонт, в групу навчально-бойових машин надходить зразок ОВТ тієї ж номенклатури з бойової групи, яка, в свою

чергу, поповнюється новими або капітально відремонтованими зразками ОВТ. Отже, з'являється циклічність у використанні, відбувається поступова якісна зміна складу парку ОВТ військової частини за незмінного кількісного його складу, тобто виникає експлуатаційний цикл використання [1–4].

Аналіз остатніх досліджень і публікацій. Дослідженню питань щодо оцінювання економічної ефективності експлуатації зразків ОВТ, присвячена ціла низка робіт. Зокрема, в роботі [5] запропоновані науково-методичні підходи щодо дослідження воєнно-технічних і техніко-економічних аспектів життєвого циклу зразків ОВТ. В [6] запропоновано методику техніко-економічної оцінки відновлення озброєння і військової техніки від бойових пошкоджень та експлуатаційних несправностей. У роботі [7] розглянуто питання оцінки техніко-економічної ефективності модернізації зразків ОВТ, вказано, що модернізація продовжує життєвий цикл зразка озброєння, але кожна конструкція зразків має обмеження щодо модернізації з погляду економічної доцільності. У роботі [8] визначено економічний ефект від впровадження удосконаленої системи технічного обслуговування і ремонту для гусеничних машин, які знаходяться в безперервній експлуатації і для машин знятих зі зберігання. У науковій праці [9], на підставі аналізу застосування броньованих спеціалізованих машин і вимог до захищеності, запропоновано методичний підхід вибору способів зварювання корпусів панцерних автомобілів, який дозволяє визначити технологічну собівартість виконання зварювальних робіт за існуючою і пропонованою технологіями. В роботі [10] розглянуті основні підходи до організації бюджетного та оборонного планування в Міністерстві оборони України і Збройних Силах України щодо розвитку ОВТ та вироблені рекомендації до формування техніко-економічних показників життєвого циклу ОВТ. В джерелі [11] запропоновано метод, який ґрунтується на двох критеріях для оцінки надійності транспортного засобу. Перший критерій має технічний характер, а другий має економічний характер. Економічний критерій полягає в оцінюванні витрати на технічне обслуговування, які тісно пов'язані з рівнем надійності транспортного засобу і зазвичай представляють собою значну частину загальної вартості кожного транспортного засобу. В роботі [12] наведені підходи щодо раціоналізації матеріально-технічних витрат для забезпечення розподілу відповідно до способів їх одержання органом забезпечення. У [13] наведені організаційні та технічні умови, пов'язані з впровадженням системи доцільного ремонту озброєння та військової техніки і питання уніфікації й налагодження обладнання в процесі проектування та виробництва.

Аналіз цих робіт свідчить, що попри деякі розбіжності, усі автори пропонують цілком зрозумілу та логічну послідовність дослідження

питань щодо оцінювання економічних витрат на експлуатацію ОВТ. Проте, в плані розроблення загальних підходів на основі системного підходу вирішено лише часткові задачі, що не дає змогу в повному обсязі вирішити питання, пов'язані зі зниженням собівартості експлуатації ОВТ. Тому, вивчення закономірностей витрат ресурсу зразками ОВТ, виокремлення типів експлуатаційних циклів та висування вимог до ідеального експлуатаційного циклу є важливим науковим завданням.

Метою статті є розроблення техніко-економічної оцінки експлуатації озброєння та військової техніки для прогнозування витрат на експлуатацію груп зразків такої техніки.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для вивчення закономірностей витрати ресурсу зразком ОВТ проведено аналіз відповідних джерел [5–9; 14] та запропоновано математичний апарат стосовно оптимізації їх експлуатаційного циклу, забезпечення умов бойової готовності за запасом ходу і потреби бойової підготовки військових частин (підрозділів). Припустимо, що його ресурс дорівнює A км, запас ресурсу у групи зразків ОВТ військової частини, що має на озброєнні N зразків ОВТ, становить aN км.

Розглянемо найбільш простий випадок, коли перед початком циклу, всі зразки ОВТ, що брали участь в ньому, мають однаковий запас ходу A км. В реальних умовах такий випадок може бути за умови переозброєння військової частини на нові зразки ОВТ.

Ресурс зразка ОВТ до середнього ремонту становить a^1 км, а незнижуваний запас ходу у зразків ОВТ бойової групи до середнього ремонту – a^1 км і до капітального – a км.

Всі зразки даної групи ОВТ військової частини діляться на дві групи: бойові та навчально-бойові. Сума бойових N_b і навчально-бойових N_{yb} зразків ОВТ дорівнює загальному числу зразків ОВТ у військовій частині, тобто:

$$N = N_{yb} + N_b. \quad (1)$$

Позначимо через Z частку навчально-бойових зразків ОВТ. Ця величина, в кожен проміжок часу, залишається постійною відносно загальної кількості зразків ОВТ:

$$Z = \frac{N_{yb}}{N}. \quad (2)$$

Тому кількість навчально-бойових зразків ОВТ може бути визначено як $N_{yb} = zn$, а бойових – $N_b = (1 - z)n$.

Отже, в будь-який момент часу у військовій частині буде експлуатуватися zn учбово-бойових та $(1 - z)n$ бойових зразків ОВТ.

Навчально-бойові зразки ОВТ використовуються з річною нормою X км/зразок-рік аж до виходу їх в капітальний ремонт. За умови

виходу zn зразків ОВТ в капітальний ремонт до групи навчально-бойових зразків ОВТ передається така ж кількість (zn) бойових машин, що мають найменший запас ходу. Замість зразків ОВТ, які убувають у бойову групу для поповнення, що мають повний запас ходу a км [15].

Бойові зразків ОВТ використовуються з річною нормою км/машино-год. Граничний пробіг бойових зразків ОВТ обмежується величиною $a-\epsilon$ км. Вихід навчально-бойових зразків ОВТ в капітальний ремонт і поповнення бойової групи новими зразками ОВТ призводить до поступового оновлення складу зразків ОВТ. Через час T , час експлуатаційного циклу, всі зразки ОВТ початкового складу («старі») підуть в ремонт, а в складі військової частини виявиться N зразків ОВТ, які прибули замість тих, що вибули («нові»). Водночас, витрата моторесурсу, що знімається з бойових машин, здійснюється як за рахунок «старих», так і «нових» зразків ОВТ, а тих які знімаються з навчально-бойових зразків ОВТ – тільки за рахунок «старих» зразків ОВТ.

Тому, в експлуатаційному циклі бере участь $2N$ зразків ОВТ, з яких за час T йде в капітальний ремонт N зразків ОВТ з інтенсивністю $K_{кр}$ зразок-год. Вихід у ремонт і поповнення групи бойових зразків ОВТ відбуваються $\frac{1}{z}$ раз рівними порціями zn зразків ОВТ через неоднакові проміжки часу t_i .

Отже, під експлуатаційним циклом розуміється нормований процес використання моторесурсу бойових зразків ОВТ за період часу, що забезпечує повноту вироблення ресурсу до капітального ремонту в усіх зразках ОВТ початкового складу.

Характер проходження експлуатаційного циклу багато в чому залежить від основних нормуючих показників x, y, z, T і $K_{кр}$, які повинні задовольняти вимогам бойової готовності за запасом ходу, бойової підготовки та планового виходу зразків ОВТ у ремонт.

Під час планування експлуатації, боєготовність бойової групи забезпечується наявністю у бойових зразках ОВТ незнижувального мінімального запасу ходу до чергового, зазвичай середнього, ремонту ϵ км. Стало бути, використання зразків ОВТ повинно відбуватися так, щоб перехід останньої $\frac{1}{z}$ -ї групи

бойових зразків ОВТ в навчально-бойову групу збігався за часом з відпрацюванням нею встановленого для бойових машин запасу ходу. Недотримання цієї умови призведе до накопичення в групі бойових зразків ОВТ, що мають запас менше необхідного.

Ця умова математично може бути сформульована так:

$$M^{\epsilon z} = (a - \epsilon)zn, \quad (3)$$

де $M^{\epsilon z}$ – кількість моторесурсу, що знімається з останньої $\frac{1}{z}$ -ї «старих» зразків ОВТ.

Визначимо величину $M^{\epsilon z}$, для чого зробимо розрахунок моторесурсу, що знімається зі зразків ОВТ цієї $\frac{1}{z}$ -ї групи в кожен період, і підсумуємо отримані результати. У кожному періоді, в процесі використання братимуть участь всі зразки ОВТ цієї групи, тобто $N^{\epsilon z} = zn$. Величина $M^{\epsilon z}$ буде складатися з суми значень $M_i^{\epsilon z}$, кожне з яких являє собою добуток кількості зразків ОВТ zn , річної норми використання зразків ОВТ бойової групи у км/зразок-рік і часу використання t_i , років:

$$M^{\epsilon z} = \sum_{i=1}^{\frac{1}{z}-1} M_i^{\epsilon z} = \sum_{i=1}^{\frac{1}{z}-1} yznt_i = yzn \sum_{i=1}^{\frac{1}{z}-1} t_i, \quad (4)$$

де t_i – час, за який входить в ремонт чергова група навчально-бойових зразків ОВТ, що може бути визначений за виразом:

$$t_i = a \left(\frac{x-y}{x} \right)^{i-1}, \quad (5)$$

з цього

$$M^{\epsilon z} = yzn \sum_{i=1}^{\frac{1}{z}-1} a \left(\frac{x-y}{x} \right)^{i-1} = a \frac{y}{x} zn \sum_{i=1}^{\frac{1}{z}-1} \left(\frac{x-y}{x} \right)^{i-1}. \quad (6)$$

За результатами сумування членів геометричної прогресії (6), отримаємо вираз для кількості моторесурсу.

$$M^{\epsilon z} = azn \left[1 - \left(\frac{x-y}{x} \right)^{\frac{1}{z}-1} \right]. \quad (7)$$

Підставивши знайдене значення $M^{\epsilon z}$ у вираз (7), матимемо:

$$azn \left[1 - \left(\frac{x-y}{x} \right)^{\frac{1}{z}-1} \right] = (a - \epsilon)zn \quad (8)$$

і після спрощення

$$\left(\frac{x-y}{x} \right)^{\frac{1}{z}-1} = \frac{\epsilon}{a}. \quad (9)$$

Співвідношення $\frac{\epsilon}{a} = C$ отримало назву коефіцієнта боєготовності за запасом ходу, а вираз:

$$\frac{x-y}{x} = \Psi \rightarrow \Psi^{\frac{1}{z}-1} = C \quad (10)$$

є характеристикою експлуатаційного циклу. Тому в остаточному вигляді отриманий результат може бути записаний як за виразом:

$$\Psi^{\frac{1}{z}-1} = C. \quad (11)$$

Вираз (10) прийнято називати рівнянням боєготовності (за запасом ходу). Виконання умов

цього рівняння забезпечує автоматичне регулювання запасу ходу в групі бойових зразків ОВТ і своєчасний перехід даних зразків ОВТ у навчально-бойову групу [16; 17].

Оскільки $\Psi = \frac{x-y}{x} > 0$ (бо у всіх випадках

$x > y$), то для кожного значення C існує тільки одне значення x і y , яке задовольняє. На практиці це означає, що за вибору річних норм величина Ψ , а отже і величини річних норм використання бойових і навчально-бойових зразків ОВТ x і y не можуть призначатися довільно. Встановлення для даної номенклатури зразків ОВТ незнижуваного запасу ходу \mathcal{B} км визначає величину коефіцієнта боєготовності C і, тим самим, за існуючого z (частка навчально-бойових зразків ОВТ) фактично визначає величину характеристики циклу Ψ . Порушення цього правила призведе до накопичення надмірної кількості зразків ОВТ в групі бойових зразків, що відпрацювали встановлений моторесурс. Річні норми використання зразків ОВТ не можна розглядати у відриві від потреб бойової підготовки, так як витрата моторесурсу в мирний час здійснюється виключно в її інтересах.

Моторесурси, що знімаються зі зразків ОВТ за цикл, витрачаються на забезпечення бойової підготовки за виразом:

$$M_u = M_u^{y\delta} + M_u^{\delta}, \quad (12)$$

де $M_u^{y\delta} = xzNT$ $M_u^{\delta} = xzNT$ – моторесурс, що знімається за цикл з навчально-бойових зразків ОВТ, км;

$M_u^{\delta} = y(1-z)NT$ – моторесурси, що знімаються за цикл з бойових зразків ОВТ, км.

Час експлуатаційного циклу T є сумою часу t_i виходу в капітальний ремонт відповідних груп навчально-бойових зразків ОВТ за виразом:

$$T = \sum_{i=1}^{i=\frac{1}{z}-1} t_i = \sum_{i=1}^{i=\frac{1}{z}-1} \frac{a}{x} \left(\frac{x-y}{x} \right)^{i-1} \quad (13)$$

або

$$T = \frac{a}{y} \left(1 - \Psi^{\frac{1}{z}} \right). \quad (14)$$

Підставивши значення T в наведені вище рівняння, побачимо, що кількість моторесурсів, що знімаються за цикл, дорівнюватиме:

для навчально-бойових зразків ОВТ

$$M_u^{y\delta} = an \frac{x}{y} z \left(1 - \Psi^{\frac{1}{z}} \right) - \text{км}; \quad (15)$$

для бойових зразків ОВТ

$$M_u^{\delta} = an(1-z) \left(1 - \Psi^{\frac{1}{z}} \right) - \text{км}; \quad (16)$$

для всіх зразків ОВТ

$$M_u = an \left(1 - \Psi^{\frac{1}{z}} \right) \left(\frac{\Psi z}{1 - \Psi} + 1 \right) - \text{км}. \quad (17)$$

Відомо, що моторесурси, які знімаються з бойових зразків ОВТ, складаються з двох частин: моторесурсів, знятих із зразків ОВТ початкового складу («старих»), і моторесурсів, знятих зі зразків ОВТ, що прибули у військову частину, натомість, були направлені на капітальний ремонт навчально-бойових зразків ОВТ («нових»), тобто:

$$M_u^{\delta} = M_u^{\delta.cm} + M_u^{\delta.nov}. \quad (18)$$

Визначимо величини $M_u^{\delta.cm}$. Для цього обчислимо її значення для кожного з періодів і просумуємо їх:

$$M_u^{\delta.cm} = \sum_{i=1}^{i=\frac{1}{z}-1} M_{ui}^{\delta.cm} = \sum_{i=1}^{i=\frac{1}{z}-1} an(1-iz) \frac{y}{x} \left(\frac{x-y}{x} \right)^{i-1} - \text{км}; \quad (19)$$

$$M_u^{\delta.cm} = an \left(1 - \frac{x}{y} + \frac{z\Psi^{\frac{1}{z}}}{1-\Psi} \right) - \text{км}. \quad (20)$$

Величину $M_u^{\delta.nov}$ обчислимо як різницю

$$M_u^{\delta.nov} = M_u^{\delta} - M_u^{\delta.cm}, \quad (21)$$

$$M_u^{\delta.nov} = an \frac{\Psi}{1-\Psi} \left[\Psi^{\frac{1}{z}} (1-z) - \Psi^{\frac{1}{z}-1} + z \right] - \text{км}. \quad (22)$$

Конкретна кількість моторесурсів, що знімаються за цикл, і річна потреба в моторесурсах M пов'язані між собою простим співвідношенням:

$$M_u = MT - \text{км}, \quad (23)$$

де M – кількість моторесурсів, що необхідна для забезпечення потреб бойової підготовки, км/год.

Кількість моторесурсів, що знімається щорічно в інтересах бойової підготовки становить:

для навчально-бойових зразків ОВТ

$$D = xzn \quad D = xzn - \text{км/год}; \quad (24)$$

для бойових зразків ОВТ

$$L = y(1-z)n - \text{км/год}; \quad (25)$$

для всіх зразків ОВТ військової частини

$$M = D + L = xzn + y(1-z)n$$

$$M = D + L = xzn + y(1-z)n - \text{км/год}. \quad (26)$$

Поділивши ліві й праві частини рівності на N , отримаємо величини питомих витрат моторесурсів, які будуть характеризувати забезпечення потреб бойової підготовки:

для навчально-бойових зразків ОВТ

$$d = xz - \text{км/зразок-год}; \quad (27)$$

для бойових машин

$$l = y(1-z) - \text{км/зразок-год}; \quad (28)$$

загальний для зразків ОВТ військової частини

$$m = d + l = xz + y(1-z) - \text{км/зразок-год}. \quad (29)$$

На практиці значення D і L визначаються з розрахунку потреби, а питомі витрати d і l як частка від ділення D і L на N :

$$d = \frac{D}{N} - \text{км/зразок-год}; \quad (30)$$

$$l = \frac{L}{N} - \text{км/зразок-год}; \quad (31)$$

$$m = \frac{M}{N} - \text{км/зразок-год}. \quad (32)$$

Вирази (27) і (28) можуть розглядатися як рівняння бойової підготовки. У деяких випадках залежність (29) зручно використовувати в перетвореному вигляді, замінивши величину $У$ її значенням з рівняння (10):

$$m = xz + x(1-z)(1-\Psi) = x[z + (1-\Psi)(1-z)], \quad (33)$$

$$m = fx, \quad (34)$$

де $f = z + (1-\Psi)(1-z)$ – задане значення.

Коефіцієнт f може бути визначений для кожного заданого значення коефіцієнта боєготовності C , так як характеристика циклу Ψ і частка навчально-бойових зразків ОВТ z жорстко пов'язані з рівнянням (11). Це дозволяє підрахувати річну норму навчально-бойових зразків ОВТ x км/зразок-год за відомої загальної питомої витрати моторесурсів.

Розглянемо тепер питання про можливість рівномірного виходу зразків ОВТ в ремонт протягом експлуатаційного циклу. Середню кількість зразків ОВТ, які щорічно виходять, за час циклу, в капітальний ремонт, може бути визначено з виразу:

$$K_{sp} = \frac{N}{T} \text{машино-год}. \quad (35)$$

За експлуатаційний цикл, зразки ОВТ в капітальний ремонт виходять однаковими порціями, чисельно рівними xn , через неоднакові проміжки часу t_i . Якщо середньорічна кількість зразків ОВТ, що виходять у капітальний ремонт за цикл, буде для даного циклу величиною постійною, тоді всередині циклу така сталість дотримуватися не буде. Дійсно, якщо i -я група з zn зразків ОВТ вийде в ремонт за певний час:

$$t_i = \frac{a}{x} \Psi^{i-1}. \quad (36)$$

Тоді $i + 1$ група з zn зразків ОВТ вийде в ремонт за інший час:

$$t_{i+1} = \frac{a}{x} \Psi^i. \quad (37)$$

Рівномірність виходу в ремонт буде характеризуватися співвідношенням:

$$g = \frac{t_{i+1}}{t_i} = \frac{\frac{a}{x} \Psi^i}{\frac{a}{x} \Psi^{i-1}} = \Psi. \quad (38)$$

Отже, рівномірність виходу зразків ОВТ в капітальний ремонт буде визначатися, насамперед, характеристикою експлуатаційного циклу.

Пов'яжемо отримане значення g з рівнянням боєготовності:

$$\Psi^{\frac{1}{z}-1} = C. \quad (39)$$

Для цього зведемо ліву і праву частини рівняння до ступеня:

$$P = \frac{1}{\frac{1}{z}-1} \quad (40)$$

і позначимо $\frac{1}{z}-1 = K$. Тоді $\Psi = C^{\frac{1}{K-1}}$ але так як

$g = \Psi$, тоді можна записати $g = C^{\frac{1}{K-1}}$.

Неважко помітити, що $\lim_{K \rightarrow 1} g = 0$, а $\lim_{K \rightarrow \infty} g = 1$.

Отже, рівномірність виходу зразків ОВТ в ремонт буде зростати зі збільшенням K . Граничним значенням K є величина $K \frac{1}{z} = N$, коли кількість

груп навчально-бойових зразків ОВТ в циклі дорівнює числу зразків ОВТ, що беруть участь у циклі. Однак навіть виконання цієї умови не зможе забезпечити рівномірний вихід зразків ОВТ в ремонт внаслідок того, що $t_i \neq t_{i+1}$. Тому оптимальних значень норм використання зразків ОВТ, що забезпечують ідеальну рівномірність, просто не існує.

Оцінка найбільшої нерівномірності виходу зразків ОВТ в ремонт може проводитися за допомогою коефіцієнта нерівномірності:

$$\alpha = \frac{K_{kp \min}}{K_{kp \max}}. \quad (41)$$

Так як $t_1 > t_i > t_z$, тоді менш за все інтенсивно вони будуть виходити в ремонт в перший період (t_1), а найбільш інтенсивно – в останній період t_z :

$$K_{kp \min} = \frac{ZN}{t_1} = \frac{ZN}{\frac{a}{x}}, \quad (42)$$

$$K_{kp \max} = \frac{ZN}{t_z} = \frac{ZN}{\frac{e}{x}}, \quad (43)$$

$$\alpha = \frac{K_{kp \min}}{K_{kp \max}} = \frac{ZNx e}{ZNx a} = \frac{e}{a} = C. \quad (44)$$

Отже, коефіцієнт боєготовності C одночасно чисельно рівний коефіцієнту нерівномірності виходу зразків ОВТ в ремонт. Тому, збільшення C , тобто збільшення запасу ходу у бойових зразків ОВТ, призводить під час циклу до збільшення нерівномірності виходу в капітальний ремонт навчально-бойових зразків ОВТ. На практиці, досягти рівномірності виходу зразків ОВТ в ремонт шляхом підбору оптимальних значень річних норм принципово неможливо. Згладити нерівномірність можна лише шляхом перерозподілу норм між навчально-бойовими зразками ОВТ під час складання річних планів експлуатації.

Середньорічна кількість зразків ОВТ, що виходять в середній ремонт за час циклу, буде незначно перевищувати кількість зразків ОВТ, що виходять в капітальний ремонт за виразом:

$$K_{cp} = \frac{N}{\sum_{i=1}^z t'_i}, \quad (45)$$

$$\sum_{i=1}^z t'_i = T - \frac{a-a'}{x}, \quad (46)$$

з цього

$$K_{cp} \frac{Z}{T - \frac{a-a'}{x}} \text{машино-год} \cdot \quad (47)$$

Внаслідок чого

$$K_{cp} > K_{np}, \text{ та як } T - \frac{a-a'}{x} < T. \quad (48)$$

Виведені закономірності експлуатаційного циклу підтверджує рішення задачі з визначення кількісних значень основних нормуючих показників. Однак перш ніж приступити до вирішення цього завдання, розглянемо вимоги до експлуатаційних циклів і проведемо порівняльний аналіз можливих типів експлуатаційних циклів [18; 19].

Характер експлуатаційного циклу залежить від завдань бойової готовності зразків ОВТ в мирний час, прийнятої системи навчання особового складу, джерел поповнення зразків ОВТ (в тому числі бойової і навчально-бойової груп) і цілого ряду інших факторів, що впливають на спосіб і інтенсивність зняття моторесурсів зі зразків ОВТ. Тому можливі різні варіанти експлуатаційних циклів. Зокрема, можна виокремити такі *типи експлуатаційних циклів*:

1. Всі зразки ОВТ мають однакові норми експлуатації і на групи не розбивати.

2. Зразки ОВТ розбиті на кілька груп і по чергово використовуються з однаковими нормами експлуатації.

3. Зразки ОВТ розбиті на дві групи (навчально-бойова та бойова), які експлуатуються з різними нормами. Група навчально-бойових зразків ОВТ поповнюється зразками, що прибули з капітального ремонту. Групи бойових зразків ОВТ в ході циклу не поповнюються.

4. Зразків ОВТ розбиті на дві групи (навчально-бойові та бойові), які експлуатуються з різними нормами. Група навчально-бойових зразків ОВТ поповнюється бойовими. Група бойових зразків ОВТ не поповнюється. Для бойових зразків ОВТ не встановлюється мінімально допустимий запас ходу.

5. Зразки ОВТ розбиті на дві групи (навчально-бойові та бойові), що експлуатуються з різними нормами. Група навчально-бойових зразків ОВТ поповнюється бойовими. Група бойових машин поповнюється новими або капітально відремонтованими. У групі бойових зразків ОВТ

знаходяться лише зразки ОВТ, що володіють певним запасом ходу.

6. Зразки ОВТ розбиті на декілька груп, що мають різні річні норми експлуатації. Група, що має найбільші річні норми, є навчально-бойовою. Кожна група, крім згаданої, поповнюється зразками ОВТ групи з меншими нормами. Остання група, що має найменші норми, поповнюється новими або капітально відремонтованими зразками ОВТ.

Для підтвердження доцільності практичного використання кожного з розглянутих типів, визначимо *вимоги*, що висуваються до ідеального експлуатаційного циклу:

1. Функціонування циклу має забезпечувати виконання основних завдань з планування експлуатації зразків ОВТ (постійну бойову готовність за запасом ходу зразків ОВТ бойової групи, забезпечення моторесурсами бойової підготовки і планомірний вихід зразків ОВТ в ремонт).

2. Використання ресурсів зразків ОВТ повинно бути максимальним (зразки ОВТ повинні направлятися на ремонт за умови повністю витраченого міжремонтного ресурсу, а не через фізичне чи моральне старіння внаслідок надмірно тривалого перебування в експлуатації).

Використання моторесурсів у даному експлуатаційному циклі оцінюється коефіцієнтом корисного використання моторесурсів

$$\gamma = \frac{M^{y\delta} + M^{\delta cm}}{M_{обц}}, \quad (49)$$

де γ – коефіцієнт корисного використання моторесурсів;

$M_{обц}$ – загальна кількість моторесурсів, яку можна буде зняти з усіх зразків ОВТ «старого» складу за час, циклу $T(M_{обц} = aN)$;

$M^{y\delta}$ – кількість моторесурсів, що знімаються зі зразків ОВТ навчально-бойової групи за час $T_{np}(M^{y\delta} = XZT_{np})$;

$M^{\delta cm}$ – кількість моторесурсів, що знімаються зі зразків ОВТ бойової групи «старого» складу за час T_{np} ;

$$\left(M^{\delta cm} = \sum_{i=1}^{i=n} y(1-iz)Nt_i \right) \quad (50)$$

T_{np} – час максимально можливого знаходження зразків ОВТ в групі бойових зразків ОВТ за умовами морального або фізичного старіння.

Низькі значення коефіцієнта $\gamma(\gamma < 1)$ є наслідком малих величин річних норм використання зразків ОВТ за яких $T > T_{np}$. Значення коефіцієнта γ дає змогу знайти критерії економічної доцільності використання підвищених значень річних норм експлуатації, що дозволяє забезпечити рівність $T = T_{np}$. Слід пам'ятати, що досягнення рівності не потребуватиме додаткових витрат на поповнення парку зразків ОВТ, проте, за

таких умов зростуть витрати на експлуатаційні матеріали і засоби на технічне обслуговування зразків ОВТ і їх поточний ремонт. Позначимо вартість експлуатації зразка ОВТ через G , а щорічні витрати на його експлуатацію через d .

Втрати коштів внаслідок недовикористання моторесурсів можуть бути визначені за формулою:

$$F = QG, \quad (51)$$

де F – втрати коштів внаслідок недовикористання моторесурсів;

Q – коефіцієнт недовикористання $Q = 1 - \gamma$;

G – вартість зразка ОВТ.

Збільшення витрат на експлуатаційні матеріали буде прямо пропорційна збільшенню обсягу моторесурсів.

Тому:
$$Q_1 = \frac{M_{онм}}{M_{ист}} dT, \quad (53)$$

де Q_1 – вартість експлуатаційних матеріалів за використання оптимального варіанту за час циклу;

$M_{онм}, M_{ист}$ – обсяг моторесурсів, що знімають упродовж року, за оптимальним і існуючим варіантом, км/год;

d – річна вартість експлуатації одного зразка ОВТ;

T – час циклу, років.

Використання оптимальних норм доцільно, якщо збільшення вартості експлуатаційних витрат $Q_1 - Q_2$ (де $Q_2 = dT$) буде менше втрат від недовикористання моторесурсів, тобто:

$$Q_1 - Q_2 < F. \quad (54)$$

Цей вираз є критерієм економічної доцільності переходу на підвищені норми експлуатації, які дозволяють досягти повного використання запасу моторесурсів зразків ОВТ за час циклу ($T = T_{пр}$).

3. Організаційна простота циклу (кількість груп зразків ОВТ і норм їх використання повинна бути мінімальною).

Розглядаючи сформульовані вимоги можливих типів проходження експлуатаційних циклів, переконуємося в тому, що типи 1, 2, 3, 4 не задовольняють першій і другій вимогам, а

Список бібліографічних посилань

1. Опенько П. В., Сачук І. І., Дранник П. А., Калита О. В. Метод планування виходу у середній (капітальний) ремонт зразків зенітного ракетного озброєння при експлуатації за технічним станом. *Системи озброєння і військова техніка*. 2017. № 1. С. 55–57. 2. Дачковський В. О., Кондратиук І. В., Дядечко А. О., Сампір О. М., Павлов Д. П. Крос-темпоральний аналіз втрат озброєння та військової техніки Російської Федерації під час ведення війн на території інших держав протягом останніх 30 років. *Social Development and Security*. 2022. Vol. 12 № 3. С. 14–29. 3. Мацько О. Й., Терещенко А. М., Копашинський С. А., Овчаренко І. В., Дачковський В. О., Яльніцький О. Д., Опенько П. В., Ярошенко О. В., Момот Р. А., Гринчак О. В. Основи організації експлуатації та ремонту озброєння і військової техніки. НУОУ ім. Івана Черняхівського. Київ. 2018. 400 с. 4. Опенько П. В., Сачук І. І., Жердєв М. К.,

6 – задовольняє. Але найбільш доцільне використання 5 типу.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Під час розроблення техніко-економічної оцінки експлуатації озброєння та військової техніки щодо прогнозування витрат на експлуатацію груп зразків такої техніки були розглянуті основні закономірності експлуатаційного циклу, порядок забезпечення умов бойової готовності за запасом ходу зразків озброєння і військової техніки, порядок забезпечення потреб бойової підготовки, планування направлення зразків озброєння і техніки на ремонт та були виокремлені типи експлуатаційних циклів й висунені вимоги до ідеального експлуатаційного циклу до озброєння та військової техніки.

Запропонований порядок розроблення шляхів оптимізації експлуатації озброєння та військової техніки враховує основи теорії її експлуатаційного циклу, що виявляє існуючі зв'язки між нормативними показниками і чинниками, які впливають на них. Крім того – розглядає основні закономірності експлуатаційного циклу, забезпечує бойову готовність з урахуванням запасу ходу і потреб військових частин (підрозділів). Водночас, запропонований порядок надає змогу планувати направлення зразків озброєння та військової техніки на ремонт і типи експлуатаційних циклів з урахуванням вимог до них. Це має забезпечити ефективну бойову підготовку військових частин (підрозділів), високу боєготовність озброєння і техніки за запасом ходу та планове завантаження ремонтних підрозділів, військових частин, підприємств ремонтним фондом. Отже, запропонований підхід дозволить оптимізувати витрати на експлуатацію зразків озброєння та військової техніки в операції (бойових діях).

Перспективним напрямом подальших досліджень слід вважати розгляд структури загальних витрат на утримання зразків озброєння та військової техніки.

Кравчик Р. С. Порядок планування ремонту зенітного ракетного озброєння при експлуатації за технічним станом. *Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації*. 2017. № 2. С. 71–76. 5. Dachkovskiy V., Kondratiuk I. Technical and economic assessment of the weapons and military equipment exploitation. *Political Science and Security Studies Journal*. 2021. № 2 (4). С. 42–50. URL: <https://psssj.eu/index.php/ojsdata/article/view/83/100> (дата звернення: 11.11.2023). 6. Dachkovskiy V., Sampir O., Horbachova Y. Methodical approach to evaluation of economic efficiency of repairing the weapons and military equipment. *VUZF review*. 2020. Vol. 5. № 1. P. 22–30. URL: [10.38188/2534-9228.20.1.03](https://doi.org/10.38188/2534-9228.20.1.03) (дата звернення: 11.11.2023). 7. Шишанов М. О., Чеченкова О. Л., Павловський І. В. Техніко-економічна оцінка модернізації бронетанкової техніки при її капітальному ремонті. *Озброєння та військова техніка*. 2018. № 1 (17). С. 62–65.

8. Зянько В.В., Поляков П. А. Техніко-економічна оцінка рекомендацій щодо підвищення ефективності функціонування системи технічного обслуговування і ремонту техніки на гусеничній базі. 2017. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/16822/3139.pdf?sequence=3> (дата звернення: 11.11.2023).
9. Шишанов М., Даценко І. Методичні основи техніко-економічної оцінки технологічних процесів виробництва та модернізації корпусів панцерових автомобілів. *Social development & Security*. 2018. Вип. 4 (6). С. 29–38. URL: <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/56/48> (дата звернення: 12.11.2023).
10. Пархоменко П., Лаврук М., Ткач І. Аналіз здійснення бюджетного та оборонного планування у системі Міністерства оборони України в контексті розвитку озброєння та військової техніки. *Social development & Security*. 2019. № 9 (5). С. 174–189. URL: <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/149/153> (дата звернення: 11.11.2023).
11. VINTR ZD., HOLUB R. Method of technical and economic evaluation of vehicle reliability. *Seoul 2000 FISITA. World Automotive Congress*. June 12–15. 2000. Seoul, Korea URL: https://www.researchgate.net/publication/267845747_A_Method_of_Technical_and_Economic_Evaluation_of_Vehicle_Reliability (дата звернення: 13.11.2023).
12. Kotsiuruba V., Dachkovskiy V., Kurtseitov T. The model of the organizational and technical weapons and military equipment recovery system. *Social Development and Security*. 2021. № 11 (6). P. 194–208. URL: <https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.6.15> (дата звернення: 10.11.2023).
13. Smal T., Furch J. Expedient repairs – analysis of possibilities and needs. *Advances in Military Technology*. 2011. Vol. 6 № 2. P. 69–82.
14. Дачковський В. О., Ярошенко О. В., Овчаренко І. В. Основи теоретичних досліджень розвитку озброєння та військової техніки. Навч. посіб. НУОУ. Київ. 2023. 220 с.
15. Дачковський В. О., Ярошенко О. В., Овчаренко І. В., Сампір О. М. Методика проектування ремонтно-відновлювальних органів. *Збірник наукових праць військової академії*. 2020. № 13 (1). С. 210–222.
16. Деменєв О. М., Рихтюк В. Л., Мунтіян В. І., Ткач І. М. Маркетинг та логістика у Збройних Силах України. Навч. посіб. НУОУ ім. Івана Черняхівського. Київ. 2016. 304 с.
17. Слободяник С. П. Фінансовий менеджмент. Навч. посіб. НУОУ ім. Івана Черняхівського. Київ. 2014. 301 с.
18. Дачковський В. О., Овчаренко І. В., Ярошенко О. В., Багдасарян Н. К. Оперативні розрахунки завдань технічного забезпечення (методика та приклади). Навч. посіб. НУОУ ім. Івана Черняхівського. Київ. 2018. 116 с.
19. Дачковський В., Левченко М. Напрямки розвитку рухомих засобів ремонту озброєння та військової техніки. *InterConf*, 2021. № 65. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/138397> (дата звернення: 13.11.2023).

TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF OPERATION WEAPONS AND MILITARY TECHNIQUES

Dachkovskiy Volodymyr (candidate of technical sciences)

Ovcharenko Ihor (candidate of military sciences)

Novikova Iryna

National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Formulation of the problem in general. The experience of repelling the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine indicates a constant increase in the intensity of the use of weapons and military equipment. Analysis of the stock of weapons and military equipment in service with the Armed Forces of Ukraine shows that today the Armed Forces of Ukraine have adopted a significant number of new and modernized weapons and military equipment. A greater number of which came as part of international technical assistance. At the same time, the use of this weaponry and military equipment is based on the annual operating standards that ensure effective combat training of military units (units), high combat readiness of weapons and military equipment in reserve and planned loading of repair units, military units, and enterprises with the repair fund. During the writing of the article, the method of developing ways to optimize the operation of weapons and military equipment was applied. It takes into account the basics of the theory of the operational cycle of weapons and military equipment, which make it possible to identify the relationships between normative indicators and factors affecting them. Also, it allows to consider the main regularities of the operational cycle, the procedure for ensuring the condition of combat readiness based on power reserve, the procedure for ensuring the needs of combat training, planning the release of samples of weapons and military equipment for repair and the types of operational cycles and requirements for them.

Analysis of recent research and publications shows that, despite certain differences, all authors offer a completely understandable and logical sequence of research questions regarding the evaluation of the economic efficiency of the exploitation of samples of weapons and military equipment. However, on the basis of a systemic approach, only partial problems were solved, which does not allow to fully resolve the issues regarding the regularity of the operational cycle, the procedure for ensuring the condition of combat readiness with a reserve of power, the procedure for ensuring the needs of combat training, planning the release of samples of weapons and military equipment for repair, and types of operational cycles and requirements for them.

Presenting the main material. The article develops a technical and economic assessment of the operation of weapons and military equipment based on the methodology of developing ways to optimize the operation of weapons and military equipment operated in modern conditions. In addition, the standardized use of weapons and military equipment makes it possible to determine the costs of operating materials and repairs of weapons and military equipment. Each of the samples of weapons and military equipment is operated in a group of combat vehicles as long as it has a reserve of power, and then until the inter-repair resource is fully exhausted in a group of training and combat vehicles. Instead of samples of weapons and military equipment sent for overhaul, a sample of weapons and military equipment of the same nomenclature from the combat group arrives in a group of training combat vehicles, which, in turn, is replenished with new or overhauled samples of weapons and military

equipment. Thus, cyclicality in use appears, there is a gradual qualitative change in the composition of the fleet of weapons and military equipment of a military unit with an unchanged quantitative composition, that is, an operational cycle of use occurs.

Elements of scientific novelty. The scientific element involves determination of the requirements for operational cycles and the comparative analysis of possible isolated types of such cycles, with further improvement of the laws of operational cycles, which are confirmed by solving the problem of determining the quantitative values of the main normalizing indicators.

Practical significance of the article. The practical significance of the obtained results regarding the order of operation of groups of samples of weapons and military equipment will make it possible to optimize their costs for operation in operations (combat operations).

Conclusion and the perspectives of future researches. Therefore, when developing a technical and economic assessment of the operation of weapons and military equipment, it was determined that the nature of the operational cycle depends on the tasks of combat readiness of samples of weapons and military equipment in peacetime, the adopted system of personnel training, sources of replenishment of samples of weapons and military equipment (including including combat and training-combat groups) and a number of other factors affecting the method and intensity of removal of motor resources from samples of weapons and military equipment. Therefore, various options for operating cycles are possible. In the future, in order to reduce costs, it is necessary to consider the structure of general costs for maintaining samples of weapons and military equipment.

Key words: technical and economic assessment, weapons and military equipment, operation, repair, resource, support system, operational cycles.

References

1. **Openko, P. V., Sachuk, I. I., Drannyk, P. A., Kalita, O. V.,** (2017). The method of planning for medium (overhaul) repair of samples of anti-aircraft missile weapons during operation according to technical condition. *Weapon systems and military equipment*. 1, 55–57.
2. **Dachkovs'kyj, V. O., Kondratiuk, I. V., Diadchko, A. O., Sampir, O. M., Pavlov, D. P.,** (2022). Cross-temporal analysis of losses of weapons and military equipment of the Russian Federation during wars on the territory of other states during the last 30 years. *Social Development and Security*. 12 (3), 14–29.
3. **Matsko, O. Y., Tereshchenko, A. M., Kopashinskyi, S. A., Ovcharenko, I. V., Dachkovskyi, V. O., Yalnyt'skyi, O. D., Openenko, P. V., Yaroshenko, O. V., Momot, R. A., Hrynychak, O. V.,** (2018). Basics of organization of operation and repair of weapons and military equipment. NUOU named after Ivan Chernyakhovskyi. Kyiv.
4. **Openko, P. V., Sachuk, I. I., Zherdev, M. K., Kravchyk R. S.,** (2017). The procedure for planning the repair of anti-aircraft missile weapons during operation according to the technical condition. *Collection of scientific works of the Military Institute of Telecommunications and Informatization*. 2, 71–76.
5. **Dachkovskyi, V., Kondratiuk, I.,** (2021). Technical and economic assessment of the weapons and military equipment exploitation. *Political Science and Security Studies Journal*. 2 (4), 42–50. Available at: <https://pssj.eu/index.php/ojsdata/article/view/83/100> [Accessed: 11 November 2023].
6. **Dachkovskyi, V., Sampir, O., Horbachova, Y.,** (2020). Methodical approach to evaluation of economic efficiency of repairing the weapons and military equipment. *VUZF review*. 5, 1, 22–30. Available at: 10.38188/2534-9228.20.1.03 [Accessed: 11 November 2023].
7. **Shyshanov, M. O., Chechenkova, O. L., Pavlovs'kyj, I. V.,** (2018). Technical and economic assessment of the modernization of armored vehicles during its overhaul. *Ozbroiennia ta vijs'kova tekhnika*. 1 (17), 62–65.
8. **Zianko V. V., Poliakov, P. A.,** (2017). Technical and economic assessment of recommendations for improving the efficiency of the system of maintenance and repair of tracked vehicles. Available at: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/16822/3139.pdf?sequence=3> [Accessed: 11 November 2023].
9. **Shishanov, M. O., Datsenko, I. R.,** (2018). Methodological basis for technical and economic assessment of technological processes of production and modernisation of armoured vehicle hulls. *Social development & Security*. 1 (1), 29–38. Available at: <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/56/48>. [Accessed: 12 November 2023].
10. **Parkhomenko, P., Lavruk, M., Tkach, I.,** (2019). Analysis of the implementation of the budget and defence planning in the Ministry Defence of Ukraine and the Armed Forces of Ukraine in the context of weapons and military equipment. *Social development & Security*. 9 (5), 174–189. Available at: <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/149/153> [Accessed: 11 November 2023].
11. **Vintr, Zd., Holub, R.,** (2000). Method of technical and economic evaluation of vehicle reliability. *Seoul 2000 FISITA. World Automotive Congress*. June 12–15. Seoul, Korea. Available at: https://www.researchgate.net/publication/267845747_A_Method_of_Technical_and_Economic_Evaluation_of_Vehicle_Reliability [Accessed: 13 November 2023].
12. **Kotsiuruba, V., Dachkovskyi, V., Kurtseitov, T.,** (2021). The model of the organizational and technical weapons and military equipment recovery system. *Social Development and Security*. 11 (6), 194–208. Available at: <https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.6.15> [Accessed: 13 November 2023].
13. **Smal, T., Furch J.,** (2011). Expedient repairs – analysis of possibilities and needs. *Advances in Military Technology*. 6 (2), 69–82.
14. **Dachkovskyi, V. O., Yaroshenko, O. V., Ovcharenko, I. V.,** (2023). Fundamentals of theoretical studies of the development of weapons and military equipment. Education manual. NUOU. Kyiv.
15. **Dachkovs'kyj, V. O., Yaroshenko, O. V., Ovcharenko, I. V., Sampir, O. M.,** (2020). Design methodology of repair and restoration bodies. *Zbirnyk naukovykh prats' vijs'kovoï akademii*. 13 (1), 210–222.
16. **Demeniev, O. M., Rykhtiuk, V. L., Muntiiian, V. I., Tkach, I. M.,** (2016). Marketing and logistics in the Armed Forces of Ukraine. Kyiv : navch. posib. NUOU im. Ivana Cherniakhovskoho. 304.
17. **Slobodianyk, S. P.,** (2014). Financial management. Kyiv : navch. posib. NUOU im. Ivana Cherniakhovskoho. 301.
18. **Dachkovs'kyj, V. O., Ovcharenko, I. V., Yaroshenko, O. V., Bahdasarian, N. K.,** (2018). Operational calculations of technical support tasks (methodology and examples). Kyiv : navch. posib. NUOU im. Ivana Cherniakhovskoho. 116.
19. **Dachkovs'kyj, V. Levchenko, M.,** (2021). Directions of development of mobile means of repair of weapons and military equipment. *InterConf*, 65. Available at: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/138397> [Accessed: 13 November 2023].