

DOI 10.33099/2786-7714-2025-2-9-78-86

УДК 623.7.658.5

Громовий Ігор Борисович

<https://orcid.org/0009-0009-6340-9800>

Шкурят Богдан Жоржович (доктор філософії)

<https://orcid.org/0000-0002-3654-0506>

Дранник Павло Анатолійович (кандидат військових наук, старший науковий співробітник)

<https://orcid.org/0000-0002-6073-2962>

Національний університет оборони України, Київ, Україна

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК

Ремонт сил і засобів протиповітряної оборони є невід'ємною складовою сучасних бойових дій. Постійний розвиток озброєння, удосконалення його конструкцій, умов застосування та висока динаміка обстановки вимагають від посадових осіб швидкого й обґрунтованого вибору способів відновлення боєздатності техніки. Недостатня ефективність таких рішень може призвести до зниження бойових можливостей підрозділів ППО. Для порівняння способів ремонту необхідні моделі оцінювання їх ефективності, однак наявні підходи не враховують комплексність системи технічного забезпечення, сучасну структуру ремонтно-відновлювальних органів та специфіку бойових умов.

Метою дослідження є удосконалення методики оцінювання ефективності ремонту сил і засобів ППО на основі системного врахування вихідних даних і факторів обстановки. Для цього використано методи системного аналізу, узагальнення, математичного моделювання та експертного оцінювання. Розроблена методика підвищує точність оцінювання та дозволяє прогнозувати ефективність і якість ремонту в реальних умовах. Результати дослідження можуть бути корисними посадовим особам, які організують процес ремонту, та науковцям, що досліджують проблематику технічного забезпечення й відновлення озброєння.

Ключові слова: оцінювання ефективності, ефективність ремонту, методика оцінювання ефективності ремонту, середній час ремонту, інтегральний показник.

Вступ

Сучасні збройні конфлікти, зокрема російсько-українська війна, підкреслюють критичну роль технічного забезпечення у підтриманні боєздатності військ. Для системи протиповітряної оборони (ППО) України, основу якої складають зенітні ракетні війська (ЗРВ), технічна готовність озброєння та військової техніки (ОВТ) безпосередньо визначає здатність виконувати завдання з прикриття важливих об'єктів і угруповань військ. Втрата працездатності навіть одного зразка зенітного ракетного комплексу (ЗРК) або системи (ЗРС) призводить до зниження стійкості оборони, а тому оперативний і якісний ремонт стає ключовим чинником забезпечення виконання завдань підрозділами ЗРВ [1, 2].

Актуальність дослідження зумовлена потребою у створенні науково обґрунтованої методики оцінювання ефективності ремонту ОВТ у змішаних угрупованнях ЗРВ, де одночасно експлуатуються системи різних стандартів, зразки іноземного і радянського виробництва. Такий підхід відповідає тенденціям розвитку систем технічного забезпечення у країнах НАТО, де питання ефективності ремонту розглядається як складова інтегрованої логістичної підтримки (Integrated Logistic Support — ILS) [3-5].

Питання оцінювання ефективності ремонту розглянуто у низці навчальних та наукових робіт.

Зокрема, в [6] розглянуто методики оцінювання можливостей ремонтно-відновлювальних органів з проведення технічного обслуговування, поточного та середнього ремонтів техніки. В [7] розроблено методику визначення трудомісткості ремонтних робіт і розрахунку постів та площ; в [8] запропоновано підходи до оцінювання ефективності окремих ремонтних операцій; у [9] — методичні рекомендації з організаційно-структурного вдосконалення системи ремонту. Водночас ці методики не враховують впливу оперативної обстановки, реального навантаження особового складу в бойових умовах та рівня його підготовленості. Міжнародний досвід, викладений у дослідженнях [10, 11] підтверджує, що ефективність ремонтно-відновлювальної системи залежить не лише від технічних, та часових факторів, але й від організації та якості ремонту. Необхідність подальшого дослідження зумовлена потребою адаптації методики до сучасних умов ведення бойових дій, постійного оновлення вагових коефіцієнтів, розроблення цифрових інструментів моніторингу ефективності ремонту й удосконалення системи підготовки спеціалістів ремонтних органів.

Метою дослідження є удосконалення методики оцінювання ефективності ремонту сил і засобів ППО.

У роботі виконано аналіз наявних методик та часткових показників ефективності (оперативність,

своєчасність, якість, надійність, технічна готовність, економічність), здійснено їх

інтеграцію в єдиний узагальнений показник ефективності, проведено первинну апробацію запропонованої методики та розроблено базові рекомендації щодо її використання у системах управління ремонтом озброєння та військової техніки.

Головна гіпотеза дослідження полягає в тому, що інтеграція часткових показників ефективності ремонту (оперативність, своєчасність, якість, надійність, технічна готовність, економічність) у єдиний інтегральний показник, доповнений коефіцієнтом підготовленості персоналу, який дозволить підвищити точність оцінювання результатів ремонтних процесів і забезпечить підвищення рівня боєготовності угруповань ЗРВ.

Основними припущеннями при цьому є такі:

ефективність ремонту визначається не лише технічними параметрами, а й організаційними, кадровими та часовими факторами;

інтегральна оцінка дозволяє забезпечити об'єктивне порівняння різних ремонтних органів;

підготовленість персоналу прямо впливає на скорочення середнього часу ремонту та збільшення частки перших успішних ремонтів.

Матеріали та методи

У процесі дослідження застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів, що забезпечили досягнення поставленої мети та вирішення завдань роботи [12].

Проведено аналітичне опрацювання нормативно-методичних документів НАТО та України [3, 13, 14], а також існуючого науково-методичного апарату з питань організації та оцінювання ефективності ремонту озброєння і військової техніки [4-11, 15-21]. Це дозволило узагальнити сучасні підходи до технічного забезпечення та визначити напрями удосконалення.

Експертний застосовано для встановлення вагових коефіцієнтів часткових показників ефективності ремонту та проведення первинної апробації удосконаленої методики [12].

Кількісно-аналітичні методи (зокрема статистичний і кваліметричний аналіз) використано для розрахунку інтегрального коефіцієнта ефективності ремонту, оцінювання впливу удосконалень на середній час ремонту та рівень технічної готовності [12].

Графоаналітичний метод застосовано для візуалізації результатів оцінювання ефективності ремонту та порівняння варіантів організації ремонтного процесу.

Результати

У сучасних умовах інтенсивного застосування озброєння та військової техніки роль організації ремонту у забезпеченні боєздатності угруповань зростає. З метою прогнозування потреб військ у ремонті техніки та оперативного підтримання технічної готовності, необхідно впровадити узгоджену, формалізовану та адаптовану методику оцінювання його ефективності. Така методика має поєднувати якісні і кількісні підходи, враховувати специфіку зразків ОВТ, логістичні обмеження та фактор підготовки персоналу, а також передбачати

механізми перевірки та коригування на основі фактичних даних.

У зв'язку з цим запропоновано поетапну процедуру удосконалення методики оцінювання ремонту, що забезпечує системний підхід від формулювання завдання до практичної апробації та впровадження змін. Етапи удосконаленої методики оцінювання ремонту:

1. Формування мети та визначення об'єкта оцінювання. Метою оцінювання є визначення ефективності ремонтних робіт озброєння та військової техніки. Об'єктом виступає ремонт техніки (операції, їх тривалість, якість та результат), а предметом – показники, що характеризують якість та ефективність самого ремонту.

2. Вибір показників ефективності ремонту. Виділяються ключові показники: оперативність; своєчасність; якість ремонту; надійність після ремонту; технічна готовність; економічність. Також слід врахувати людський фактор. Використовується коефіцієнт підготовленості персоналу, що коригує основні показники.

3. Удосконалення методики оцінювання ефективності ремонту шляхом формалізації розрахунків визначених показників. Для кожного показника вводяться відповідні показники і математичні вирази. Далі відбувається побудова інтегральної оцінки. Часткові показники нормалізуються і зважуються, формуючи інтегральний коефіцієнт ефективності.

4. Збір вихідних даних. Здійснюється накопичення та систематизація інформації, необхідної для проведення оцінювання ефективності ремонтних робіт. Основними джерелами отримання інформації є: звітні документи ремонтних органів, акти приймання здавання техніки після ремонту. Під час збирання інформації з звітних документів фіксуються наступні дані: кількість виконаних ремонтів за певний період часу; кількість зданої та прийнятої техніки; тривалість ремонтних операцій; кількість повторних відмов після ремонту; обсяг витрат матеріальних та трудових ресурсів; рівень технічної готовності після проведення ремонту. Далі зібрані дані потрібно перевірити на повноту, достовірність та узгодженість, після чого сформувані зведені таблиці для подальших розрахунків. Особлива увага приділяється фіксації факторів, що можуть вплинути на результат: умови виконання ремонту, рівня підготовленості персоналу, технічного забезпечення та наявності запасних інструментів та приладдя.

5. Розрахунок часткових показників. Обчислюються значення коефіцієнтів для кожного критерію та порівнюються з нормативами.

6. Аналіз результатів і формування висновків. Визначаються сильні та слабкі сторони ремонту, формуються рекомендації щодо його вдосконалення.

Основними показниками ефективності ремонту техніки є: оперативність; своєчасність; якість; надійність; технічна готовність; економічність.

Оперативність характеризує швидкість проведення ремонтних робіт від моменту виявлення несправності до здачі техніки в експлуатацію. Високий рівень оперативності дозволяє мінімізувати простой техніки та забезпечити її повернення у стрій у найкоротші терміни, що є критично важливим в умовах інтенсивного використання ОБТ. Показником, що характеризує оперативність ремонту, є середній час ремонту (MTTR) та коефіцієнт оперативності ремонту ($K_{оп}$).

Середній час ремонту (MTTR) визначається за формулою:

$$MTTR = \sum \frac{t_{ремі}}{N} \quad (1)$$

де: $t_{ремі_i}$ – фактичний час ремонту i -тої одиниці техніки, год;
 N – кількість ремонтів.

Коефіцієнт оперативності ремонту знаходиться наступним чином:

$$K_{оп} = \frac{T_{норм}}{T_{факт}} \quad (2)$$

де $T_{норм}$ – нормативний час ремонту, год,
 $T_{факт}$ – фактичний час ремонту, год.

Своєчасність відображає дотримання встановлених термінів виконання ремонту відповідно до плану бойової підготовки чи графіка експлуатації. Навіть швидко виконаний ремонт може бути малоефективним, якщо він не збігається з потребами у використанні техніки. Тому своєчасність є одним із ключових чинників підтримання безперервності застосування ОБТ. Показником, що характеризує своєчасність виступає коефіцієнт своєчасності ($K_{св}$), який знаходиться за виразом:

$$K_{св} = \frac{N_{вч}}{N_{заг}} \quad (3)$$

де $N_{вч}$ – кількість ремонтів, завершених у строк,
 $N_{заг}$ – загальна кількість ремонтів;

Якість ремонту визначається ступенем відповідності техніки після ремонту встановленим технічним нормам і вимогам експлуатації. Вона відображає правильність виконання робіт, повноту усунення несправностей та відсутність повторних відмов у найближчий час після здачі відремонтованого зразка. Висока якість ремонту знижує потребу у повторних втручаннях, що сприяє підтриманню постійної боєздатності та витраті додаткового часу ремонтного персоналу на усунення виявлених несправностей. Показниками, що характеризують якість виступають: коефіцієнт приймання ремонту $K_{п}$ та показник “першого успішного ремонту” (First Time Fix – FTF).

Коефіцієнт приймання ремонту знаходиться за співвідношенням:

$$K_{п} = \frac{N_{прз 1}}{N_{здан}} \quad (4)$$

де $N_{прз 1}$ – кількість одиниць техніки, прийнятих без зауважень,
 $N_{здан}$ – кількість зданої техніки після ремонту.

Показник “першого успішного ремонту” (FTF) визначається за формулою:

$$FTF = \frac{N_{безпов}}{N_{здан}} \quad (5)$$

де $N_{безпов}$ – кількість одиниць техніки, що не вийшли з ладу в гарантійний термін,
 $N_{здан}$ – кількість зданої техніки;

Надійність характеризує тривалість безвідмовної роботи техніки після ремонту. Це інтегральний показник, що враховує якість відновлення ресурсів вузлів і агрегатів, точність регулювальних робіт та використання якісних запасних частин. Висока надійність ремонту означає, що техніка буде справною протягом тривалого часу без додаткового втручання. Показником, що характеризує надійність виступає коефіцієнт надійності після ремонту ($K_{н}$):

$$K_{н} = \frac{MTBF_{п}}{MTBF_{н}} \quad (6)$$

де $MTBF_{п}$ – середній наробіток на відмову після ремонту, год,
 $MTBF_{н}$ – нормативний середній наробіток на відмову, год;

Технічна готовність відображає реальну доступність техніки до використання за призначенням у будь-який момент часу. Вона враховує як тривалість перебування у справному стані, так і простой, викликані ремонтами чи очікуванням запчастин. Для військової техніки цей критерій особливо важливий, оскільки безпосередньо визначає здатність підрозділу виконувати завдання. Показниками, що характеризують технічну готовність є: коефіцієнт технічної готовності ($K_{тг}$) та коефіцієнт експлуатаційної готовності (A_0).

Коефіцієнт технічної готовності характеризується співвідношенням часу справної роботи зразка ОБТ до загального часу експлуатації, який включає час простою внаслідок відмов та ремонту:

$$K_{тг} = \frac{T_{успр}}{(T_{успр} + T_{прост})} \quad (7)$$

де $T_{успр}$ – час у справному стані, год;
 $T_{прост}$ – час простою через ремонт, год.

Коефіцієнт експлуатаційної готовності є співвідношенням середнього наробітку зразка ОБТ до загального часу включно з ремонтом:

$$A_0 = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \quad (8)$$

де $MTBF$ – середній наробіток на відмову, год;
 $MTTR$ – середній час ремонту, год.

Економічність відображає доцільність витрат на проведення ремонту у порівнянні з придбанням нового зразка техніки. Вона враховує прямі матеріальні витрати, вартість праці, логістичні витрати та ефект від продовження ресурсу машини. Ремонт вважається економічно доцільним, якщо його вартість суттєво нижча від ціни нового зразка при забезпеченні необхідної якості та надійності. Економічний показник ефективності ремонту (E_v) виступає основним показником та знаходиться за формулою:

$$E_v = \frac{C_{нов} - C_{рем}}{C_{нов}} \quad (9)$$

де $C_{нов}$ – вартість нового зразка техніки, грошових одиниць;

$C_{рем}$ – витрати на ремонт, грошових одиниць.

Інтегральна оцінка ефективності ремонту.

Для комплексної оцінки вводиться інтегральний показник ефективності:

$$K_{эф} = \alpha \cdot K_{оп} + \beta \cdot K_{св} + \gamma \cdot K_{як} + \delta \cdot FTF + \varepsilon \cdot K_H + \zeta \cdot K_{тт} + \eta \cdot E_v \quad (10)$$

де $\alpha \dots \eta$ – вагові коефіцієнти для кожного показника, встановлені експертно.

Інтегральна оцінка ефективності ремонту враховує вплив усіх часткових показників за основними критеріями – оперативністю, своєчасністю, якістю, надійністю, технічною готовністю, економічністю, а також критерієм «першого успішного ремонту», (табл. 1, рис. 1).

Для кожного показника встановлюються **вагові коефіцієнти ($\alpha \dots \eta$)**, що визначають його відносну значущість у загальній оцінці.

Значення вагових коефіцієнтів визначалися експертним шляхом на основі узагальненого досвіду ремонтних органів під час російсько-української війни [1, 2, 6, 15-17, 20] та практичного досвіду експертів (15 осіб) у сфері технічного забезпечення і ремонту озброєння та військової техніки.

Враховання впливу особового складу ремонтних органів.

Процес ремонту техніки безпосередньо залежить від рівня підготовки та професійної майстерності персоналу [16, 17]. Для врахування цього чинника до методики оцінювання вводиться коефіцієнт підготовленості персоналу (K_{oc}), який коригує основні показники:

$$MTTR' = MTTR \cdot K_{oc} \quad (11)$$

$$FTF' = FTF + \Delta_{oc} \quad (12)$$

$$K_H' = K_H + \Delta_{oc} \quad (13)$$

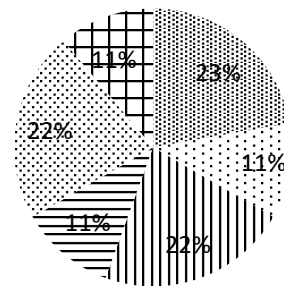
де K_{oc} – коефіцієнт підготовленості персоналу (0,6–1,0 залежно від рівня навченості),

Δ_{oc} – поправка, що визначає приріст до якісних показників (-0,05–+0,15).

Таблиця 1

Розподіл вагових коефіцієнтів у інтегральному показнику $K_{эф}$

Показник	Оперативність	Своєчасність	Якість ремонту	FTF	Надійність	Техн. готовність	Економічність
Значення	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1



⊘ Оперативність

⊘ Своєчасність

⊘ Якість ремонту

⊘ FTF

⊘ Надійність

⊘ Техн. готовність

Рисунок 1 – Розподіл вагових коефіцієнтів в інтегральному показнику $K_{эф}$

Значення коефіцієнту підготовленості персоналу та поправки, що визначає приріст до якісних показників **встановлено експертним шляхом на основі узагальненого досвіду ремонтних органів під час РУВ та власного практичного досвіду у сфері технічного забезпечення і ремонту озброєння та військової техніки ЗРВ.**

Вплив підготовленості персоналу на середній час ремонту зображено на рисунку 2.

Дані для розрахунку часткових показників ефективності (табл. 2 та табл. 3) отримані на основі узагальненого аналізу нормативних методик розроблених [7-9] та та практичного досвіду експертів.

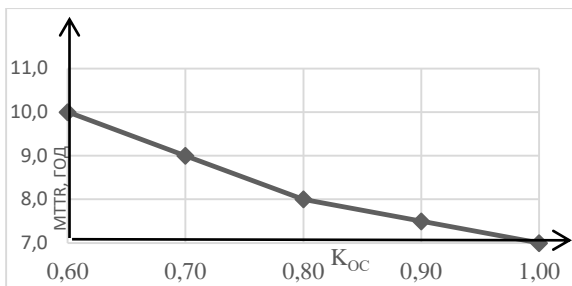


Рисунок 2 – Вплив підготовленості персоналу на середній час ремонту

Таблиця 2

Вплив підготовленості персоналу на середній час ремонту MTTR

K _{oc}	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
MTTR, год	10	9	8	7,5	7

Таблиця 3

Часткові показники ефективності ремонту

Показник	K _{оп}	K _{св}	K _п	FTF	K _н	K _{тг}	E _в
Значення	0,85	0,9	0,8	0,75	0,88	0,92	0,7

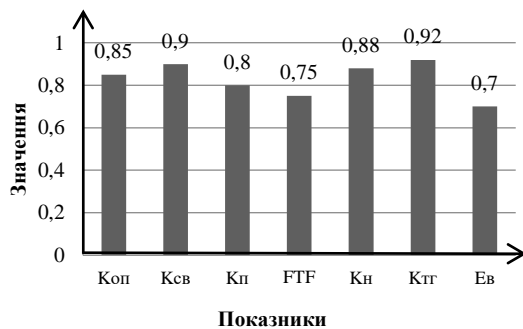


Рисунок 3 – Часткові показники ефективності ремонту (нормовані значення)

Отримані часткових показників ефективності (рис.3) дозволяють оцінити поточний стан ремонтних робіт та виділити ключові напрями їх вдосконалення.

Розглянута удосконалена методика оцінювання ремонту ОВТ, обґрунтована поетапною послідовністю дій — від формулювання мети й вибору показників до збору даних, розрахунків, апробації та подальшого впровадження. Аналіз існуючих методик показав, що кожна дає важливі інструменти (інженерно-розрахункові підходи, систему показників, структуральний аналіз), проте лише їх синтез ураховує повний спектр технічних, організаційних і кадрових вимог, притаманних експлуатації комплексних зразків ОВТ у групування ЗРВ.

Особлива увага приділена нормалізації та зважуванню часткових показників (оперативність, своєчасність, якість, надійність, технічна

готовність, економічність, а також показник «першого успішного ремонту») і введенню коефіцієнта підготовленості персоналу, як механізму врахування людського фактора. Такий підхід дозволяє отримати інтегральну, порівняльну й оперативно застосовану оцінку ефективності ремонту. Практична апробація на пілотних підрозділах з подальшим коригуванням методики є обов'язковим етапом для забезпечення її достовірності та прикладної придатності.

Очікувані результати впровадження: зниження середнього часу ремонту, підвищення технічної готовності й надійності техніки, оптимізація витрат матеріалів і людських ресурсів. Для досягнення цих цілей рекомендується реалізувати запропоновану методику поетапно з акцентом на збір якісних вихідних даних, цілеспрямоване навчання персоналу та регулярний моніторинг ефекту з періодичним оновленням методики відповідно до практичного досвіду.

Вихідні дані для розрахунків

Таблиця 4

Таблиця вихідних даних для розрахунків

Показник	Позначення	Значення	Примітки
Середній час ремонту	MTTR	8.0 год	усереднене значення (база)
Коефіцієнт оперативності	K _{оп}	0.85	ремонт трохи повільніше норми
Коефіцієнт своєчасності	K _{св}	0.9	90% у строки
Коефіцієнт приймання ремонту	K _п	0.8	прийнято з першого разу
Перший успішний ремонт	FTF	0.75	без відмов у гарантійний період
Надійність після ремонту	K _н	0.88	відносно нормативу
Технічна готовність	K _{тг}	0.92	частка часу у строю
Економічність	E _в	0.7	вигода чи нова закупівля

Усі коефіцієнти вказані в таблиці 4 прийняті експертним шляхом на основі власного практичного досвіду у сфері технічного забезпечення і ремонту озброєння та військової техніки ЗРВ, методичних матеріалів розроблених [7-9].

Розрахунок інтегрального показника (базовий варіант).

Інтегральний показник:

$$K_{ef} = \alpha \cdot K_{оп} + \beta \cdot K_{св} + \gamma \cdot K_{п} + \delta \cdot FTF + \varepsilon \cdot K_{н} + \zeta \cdot K_{тг} + \eta \cdot E_{в} \quad (14)$$

де $\alpha \dots \eta$ — вагові коефіцієнти для кожного показника, встановлені експертно ($\sum \alpha \dots \eta = 1$),

$K_{оп}$ — коефіцієнт оперативності ремонту (нормований 0–1),

$K_{св}$ — коефіцієнт своєчасності (частка ремонтів у строк),

- $K_{п}$ – коефіцієнт приймання ремонту (без зауважень),
- FTF – частка перших успішних ремонтів (без повторних відмов у гарантійний період),
- $K_{н}$ – надійність після ремонту (відносно нормативного $MTBF$),
- $K_{тг}$ – технічна готовність (частка часу у строю)
- $E_{в}$ – економічність (нормована вигода ремонту порівняно з новою закупівлею).

За умови прийнятих значень вагових коефіцієнтів ($\alpha=0,20$; $\beta=0,10$; $\gamma=0,20$; $\delta=0,10$; $\varepsilon=0,20$; $\zeta=0,10$; $\eta=0,10$) отримано внески часткових показників ефективності: $K_{оп}=0,85$, $K_{св}=0,9$, $K_{п}=0,8$, $FTF=0,75$, $K_{н}=0,88$, $K_{тг}=0,92$, $E_{в}=0,7$. Інтегральний коефіцієнт ефективності при цьому складатиме: $K_{еф(база)}=0,833$. Отримане значення ефективності ремонту хоч і є достатньо високим в прийнятих умовах, але свідчить про наявність недоліків у діяльності ремонтного органу та неповне використання його потенціалу. Це потребує подальшого вдосконалення системи організації та управління ремонтними процесами для досягнення оптимальних значень.

Запропоновані заходи з удосконалення ремонту:

- 1) підвищення кваліфікації персоналу, яке веде за собою скорочення середнього часу ремонту та зростання коефіцієнту приймання ремонту (без зауважень), частки перших успішних ремонтів (без повторних відмов у гарантійний період);
- 2) модернізація порядку діагностики може призвести до зростання частки перших успішних ремонтів (без повторних відмов у гарантійний період) і надійності після ремонту;
- 3) оптимізація витрат, яка веде до підвищення економічності.

Розрахунок інтегрального показника після удосконалень (виконання рекомендацій).

Інтегральний показник(після удосконалення):

$$K_{еф} = \alpha \cdot K_{оп} + \beta \cdot K_{св} + \gamma \cdot K_{п}' + \delta \cdot FTF' + \varepsilon \cdot K_{н}' + \zeta \cdot K_{тг}' + \eta \cdot E_{в}' \quad (15)$$

Підстановка (після удосконалення): $K_{оп}=0,9$, $K_{св}=0,92$, $K_{п}'=0,88$, $FTF'=0,85$, $K_{н}'=0,92$, $K_{тг}'=0,94$, $E_{в}'=0,8$.

В ході розрахунків отримано результат $K_{еф(після)} = 0,891$, який свідчить про підвищення ефективності ремонту.

Врахування кваліфікації персоналу.

Порівняння впливу підвищення кваліфікації персоналу на значення часткових показників та інтегральної ефективності ремонту наведено на рис. 4,5, та у табл. 5.

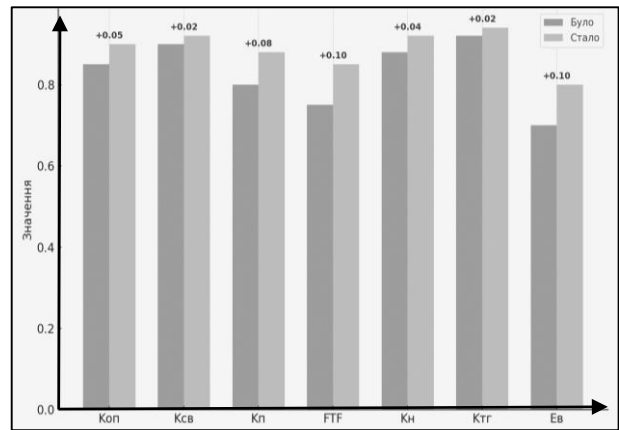


Рисунок 4 – Порівняння часткових показників ефективності ремонту

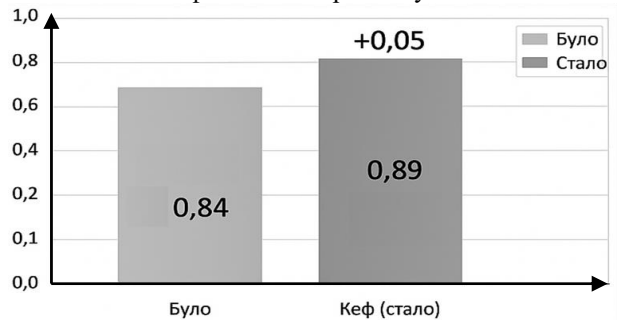


Рисунок 5 – Порівняння інтегрального показника ефективності.

Таблиця 5

Порівняльна таблиця часткових показників ефективності ремонту

Показник	Було	Стало
$MTTR'$	8,0 год	6,8 год
$K_{оп}$	0,85	0,9
$K_{св}$	0,9	0,92
$K_{п}'$	0,8	0,88
FTF'	0,75	0,85
$K_{н}'$	0,88	0,92
$K_{тг}'$	0,92	0,94
$E_{в}'$	0,7	0,8

Залежність середнього часу ремонту від підготовленості персоналу (табл. 6, рис. 6):

$$MTTR' = MTTR K_{ос} \quad (16)$$

де $MTTR$ – базовий середній час ремонту, год
 $K_{ос}$ – коефіцієнт підготовленості персоналу (чим менше значення, тим краща підготовка).

Таблиця 6

Таблиця впливу коефіцієнту підготовленості персоналу на час ремонту

$K_{ос}$	$MTTR'$, год
0,8	6,4
0,85	6,8
0,9	7,2
0,95	7,6
1,0	8,0

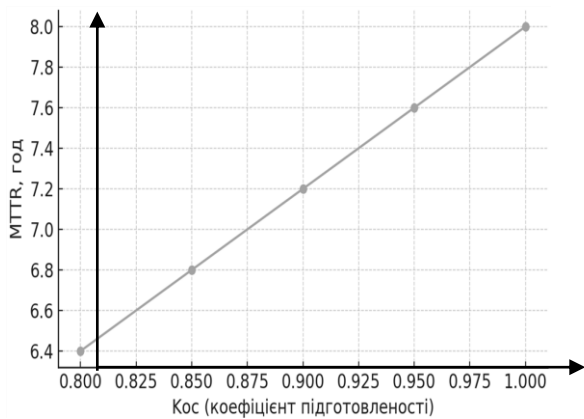


Рисунок 6 – Залежність середнього часу ремонту від підготовленості персоналу

Отже, проведені розрахунки показали наступні результати: базовий $K_{\text{сф}} \approx 0.84$; після удосконалень $K_{\text{сф}} \approx 0.89$. Абсолютний приріст = 0.058; відносний $\approx 6.96\%$.

Отримане значення інтегрального коефіцієнта ефективності після проведення удосконалень свідчить про досягнення вищого рівня ефективності роботи ремонтного органу. Порівняно з базовим показником інтегрального коефіцієнта ефективності, спостерігається помітне зростання ефективності ремонту, що є підтвердженням доцільності впроваджених заходів.

Обговорення

Підвищення кваліфікації персоналу, модернізація засобів діагностики та оптимізація витрат забезпечують комплексне покращення техніко-економічних параметрів ремонту. Зменшення середнього часу ремонту підвищує коефіцієнти оперативності та приймання ремонту, модернізована система контролю якості сприяє зростанню показників першого успішного ремонту та надійності після ремонту, а оптимізація витрат забезпечує раціональніше використання матеріальних ресурсів.

Застосування інтегрального показника ефективності дозволяє об'єктивно оцінити вплив організаційних та кадрових факторів на загальний результат ремонтних процесів. На прикладі розглянутого ремонтного органу реалізація запропонованих заходів підвищила його можливість забезпечення технічної готовності ОВТ та рівень ефективності, що відповідає сучасним вимогам до організації ремонтних процесів у військах.

Отримані результати дозволили сформулювати комплекс рекомендацій щодо підвищення ефективності ремонту ОВТ ЗРВ, зокрема:

- 1) Оптимізація структури та чисельності ремонтних органів з пріоритетним залученням фахівців вузького профілю (електроніка, гідравліка, механіка ракетних систем);
- 2) Удосконалення системи підготовки та підвищення кваліфікації персоналу з урахуванням специфіки обслуговування різномірних комплексів;
- 3) Впровадження сучасних методів

планування ремонту, що враховують реальну інтенсивність експлуатації та бойові пошкодження;

4) Оптимізація використання запасних частин, із забезпеченням пріоритетності для критичних вузлів і систем;

5) Впровадження методів діагностики та прогнозування відмов, що дозволяє зменшити частку аварійних ремонтів та збільшити обсяг планових робіт.

Практичні розрахунки показали, що реалізація зазначених заходів може забезпечити скорочення середнього часу ремонту на 10–15%, зниження витрат на 7–10% та підвищення коефіцієнта технічної готовності угруповання на 5–8%.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на автоматизацію збору та обробки даних про проведення ремонтів, аналіз відмов техніки та створення інтегрованої бази знань, що забезпечить оптимізацію організації та управління ремонтними процесами сил і засобів ППО.

Висновки

У статті запропоновано удосконалену методику оцінювання ефективності ремонту озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ, яка враховує інтеграцію технічних, організаційних та кадрових факторів. Розроблений інтегральний показник ефективності дозволяє комплексно оцінити вплив оперативності, своєчасності, якості ремонту, надійності, технічної готовності та економічності, а також показника “першого успішного ремонту”.

Практичного застосування методики показало, що підвищення кваліфікації персоналу, модернізація засобів діагностики та оптимізація витрат забезпечують зростання ефективності ремонту. Проведені розрахунки дозволили обґрунтувати ряд базових рекомендацій щодо вдосконалення організації ремонту.

Отримані результати підтверджують доцільність комплексного підходу до управління ремонтними органами та демонструють пріоритет кадрового потенціалу для досягнення високого рівня технічної готовності ОВТ. Методика може застосовуватися для планування, контролю та оптимізації ремонтної діяльності у військах.

Список використаних джерел

1. Застосування сил та засобів протиповітряної оборони України російсько-українській війні: досвід, уроки, рекомендації (лютий 2022 року – липень 2023 року): навч. посіб. / М. А. Левченко, В. Г. Паталаха, Д. В. Резнік, В. С. Мельниченко, П. А. Дранник, Б. Ж. Шкурат, О. В. Глоба, В. П. Бринцева. Київ : НУОУ, 2024. 96 с.
2. Застосування сил та засобів протиповітряної оборони України російсько-українській війні: досвід, уроки, рекомендації (серпень – грудень 2023 року): навч. посіб. / Б. Ж. Шкурат, М. А. Левченко, В. Г. Паталаха, Д. В. Резнік, В. С. Мельниченко, П. А. Дранник, Б. Ж. Шкурат, О. В. Глоба, В. П. Бринцева. Київ : НУОУ, 2024. 103 с.
3. Управління надійністю. Частина 3-12. Посібник із застосування. Інтегрована логістична підтримка. ДСТУ EN 60300-3-12:2022 (EN 60300-3-12:2011, IDT; IEC 60300-3-12:2011, IDT). ДП “УкрНДНЦ”, Київ, 2022.

4. NATO Science & Technology Organization. 2022 Highlights, 2022. – 76 p. Accessed: Oct. 10, 2025. [Online]. Available: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2023/3/pdf/230327-NATO-STO-Highlights.pdf.
5. П. В. Опенько, В. В. Поліщук, А. Г. Козир, М. Ю. Миронюк. Досвід застосування адаптивних стратегій технічного обслуговування і ремонту озброєння та військової техніки в державах-членах НАТО. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, 2021. № 2(8), С. 101-111. <https://doi.org/10.37701/DNDIVSOVT.8.2021.11>.
6. Дачковський В.О., Копашинський С.А., Овчаренко І.В. та ін. Основи оцінювання ефективності функціонування системи логістики : навч. посіб. – Київ: НУОУ, 2025.
7. Біліченко В.В., Крещенецький В.Л., Романюк С.О., Смирнов Є.В. **Виробничо-технічна база підприємства** автомобільного транспорту: навчальний посібник. – Вінниця:ВНТУ, 2013.
8. Сідашенко О.І. та ін. Ремонт машин та обладнання: підручник. Київ: Агроосвіта, 2014.
9. Теоретичні основи МТЗ військ (сил): навчальний посібник. Київ: МОУ ЦНДІ ЗСУ, 2014.
10. Énio Chambell, Paula Gonçalves and Luis Andrade Ferreira. Reliability-based maintenance strategy for a military weapon system – a case study. International Journal of Industrial Engineering, 30(1), 105-120, 2023.
11. Tomasz Smal, Maciej Szukalski. Nature and principles of maintenance system during combat operations. Journal of Science of the Gen. Tadeusz Kosciuszko Military Academy of Land Forces. 2013. №168 (2), P. 83-93. <https://doi.org/10.5604/1731-8157.1115445>.
12. Швец Ф.Д. Основи наукових досліджень. Навчальний посібник. – Рівне. НУВГП, 2013.
13. Allied Joint Publication-4, Allied Joint Doctrine for Sustainment of Operations (Edition C Version 1), 2025, 91 p.
14. Доктрина Об'єднана логістика: ВКП 4-00(01).01. №2861/НВГШ від 24 вересня 2020 року. Київ : ГШ ЗС України, 2020.
15. Оцінка чинників, які впливають на ефективність та якість ремонту пошкоджених зразків військової техніки в польових умовах / В.А. Сівак, Я.В. Павлов // Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОВТ. 2024, Вип. 2(20) ISSN 2706-7386, С. 83-87. URL : <https://dndivsovt.com/index.php/journal/article/view/398>.
16. Опенько П.В., Доска О.М. та інші. Напрямки удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту радіоелектронних засобів новітніх зенітних ракетних комплексів. Повітряна міць України. Київ: НУОУ, 2025. №1(8). С.76-83.
17. Глоба О.В., Мельниченко В.С. Рекомендації щодо підвищення ефективності відновлення озброєння та військової техніки угруповання зенітних ракетних військ. Повітряна міць України. Київ: НУОУ, 2024. №2(7). С.87-95.
18. Попов С.Е., Пуховий О.В., Юфа Є.А. Визначення сукупності показників для оцінювання ефективності функціонування системи управління угруповання радіотехнічних військ Повітряна Міць України. К. : НУОУ. 2024. №2(7). С. 11-17.
19. Модель оцінювання ефективності підрозділів протиповітряної оборони / Коваленко С.П. [та ін.] // Сучасні інформаційні системи. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 21-28. URL : <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.2.03>
20. Основні положення методики оцінювання можливостей відновлення озброєння та військової техніки Повітряних Сил Збройних Сил України, пошкоджених під час ведення бойових дій / Старцев В.В., Третяк В.Ф., Міхальова Л.В. // Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОВТ. 2022, Вип. 3(13) ISSN 2706-7386, С. 110-120. URL : <https://dndivsovt.com/index.php/journal/article/view/219/212>
21. Смирнов Є.В., Біліченко В.В., Романюк С.О. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту” за напрямком “Проектування автотранспортних підприємств” для студентів всіх форм навчання спеціальності 7(8).07010601 – “Автомобілі та автомобільне господарство”. Вінниця : ВНТУ, 2013. 119 с.

Ihor Hromovyi

<https://orcid.org/0009-0009-6340-9800>

Bohdan Shkurat (Doctor of Philosophy)

<https://orcid.org/0000-0002-3654-0506>

Pavlo Drannyk (Candidate of military sciences, senior research scientist)

<https://orcid.org/0000-0002-6073-2962>

The National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

IMPROVED METHODOLOGY FOR COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT REPAIR IN ANTI-AIRCRAFT MISSILE FORCES

Repair of air defense equipment and systems is an integral part of modern military operations. The continuous development of weapons, improvements in their design, operational conditions, and the high dynamics of the situation require personnel to quickly and reasonably select methods for restoring equipment combat readiness. Insufficient effectiveness of such measures can lead to a reduction in the combat capabilities of air defense units. To compare repair approaches, models for evaluating their effectiveness are necessary; however, existing methods do not adequately consider the complexity of the technical support system, the modern structure of repair and restoration bodies, and the specifics of combat conditions.

The purpose of the study is to improve the methodology for assessing the effectiveness of air defense equipment repair based on a systematic consideration of initial data and situational factors. System analysis, generalization, mathematical modeling, and expert assessment methods were used. The developed methodology

increases estimation accuracy and enables prediction of repair effectiveness and quality under real conditions. The results may be useful to personnel organizing repair processes and researchers studying technical support and weapon restoration issues.

Keywords: *effectiveness assessment, repair effectiveness, methodology for assessment of the effectiveness, average repair time, integral indicator.*

References

1. Zastosuvannia syl ta zasobiv protypovitrianoi oborony Ukrainy rosiisko-ukrainskii viini:dosvid, uroky, rekomendatsii (liutyi 2022 roku – lypen 2023 roku): navch. posib. / M. A. Levchenko, V. H. Patalakha, D. V. Rieznik, V. S. Melnychenko, P. A. Drannyk, B. Zh. Shkurat, O. V. Hloba, V.P. Bryntseva. Kyiv : NUOU, 2024. 96 s.
2. Zastosuvannia syl ta zasobiv protypovitrianoi oborony Ukrainy rosiisko-ukrainskii viini:dosvid, uroky, rekomendatsii (serpen – hruden 2023 roku): navch. posib. / B. Zh. Shkurat, M. A. Levchenko, V. H. Patalakha, D. V. Rieznik, V. S. Melnychenko, P. A. Drannyk, B. Zh. Shkurat, O. V. Hloba, V. P. Bryntseva. Kyiv : NUOU, 2024. 103 s.
3. Upravlinnia nadiinistiu. Chastyna 3-12. Posibnyk iz zastosuvannia. Intehrovana lohystychna pidtrymka. DSTU EN 60300-3-12:2022 (EN 60300-3-12:2011, IDT; IEC 60300-3-12:2011, IDT). DP “UkrNDNTs”, Kyiv, 2022.
4. NATO Science & Technology Organization. 2022 Highlights, 2022. – 76 p. Accessed: Oct. 10, 2025. [Online]. URL: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2023/3/pdf/230327-NATO-STO-Highlights.pdf.
5. P. V. Openko, V. V. Polishchuk, A. H. Kozyr, M. Yu. Myroniuk. Dosvid zastosuvannia adaptyvnykh stratehii tekhnichnoho obsluhovuvannia i remontu ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki v derzhavakh-chlenakh NATO. Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnogo naukovo-doslidnogo instytutu vyprobuvan i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki, 2021. № 2(8), S. 101-111. <https://doi.org/10.37701/DNDIVSOVT.8.2021.11>.
6. Dachkovskiy V.O., Kopashynskiy S.A., Ovcharenko I.V. ta in. Osnovy otsiniuvannia efektyvnosti funktsionuvannia systemy lohistyky : navch. posib. Kyiv: NUOU, 2025.
7. Bilichenko V.V., Kreshchenetskiy V.L., Romaniuk S.O., Smyrnov Ye.V. Vyrobycho-tekhnichna baza pidpriemstva avtomobilnogo transportu: navchalnyi posibnyk. – Vinnytsia:VNTU, 2013.
8. Sidashenko O.I. ta in. Remont mashyn ta obladnannia: pidruchnyk. Kyiv: Ahroosvita, 2014.
9. Teoretychni osnovy MTZ viisk (syl): navchalnyi posibnyk. – Kyiv: MOU TsNDI ZSU, 2014.
10. Énio Chambell, Paula Gonçalves and Luis Andrade Ferreira. Reliability-based maintenance strategy for a military weapon system – a case study. International Journal of Industrial Engineering, 30(1), 105-120, 2023.
11. Tomasz Smal, Maciej Szukalski. Nature and principles of maintenance system during combat operations. Journal of Science of the Gen. Tadeusz Kosciuszko Military Academy of Land Forces. 2013. №168 (2), P. 83-93. <https://doi.org/10.5604/1731-8157.1115445>.
12. Shvets F.D. Osnovy naukovykh doslidzen. Navchalnyi posibnyk. – Rivne. NUVHP, 2013.
13. Doktryna Ob'iednana lohistyka: VKP 4-00(01).01. №2861/NVHSh vid 24 veresnia 2020 roku. Kyiv : HSh ZS Ukrainy, 2020.
14. Otsinka chynnykiv, yaki vplyvaiut na efektyvnist ta yakist remontu poshkodzhennykh zrazkiv viiskovoi tekhniki v polovykh umovakh / V.A. Sivak, Ya.V. Pavlov // Zbirnyk naukovykh prats DNDI VS OVT. 2024, Vyp. 2(20) ISSN 2706-7386, S. 83-87. URL: <https://dndivsovt.com/index.php/journal/article/view/398>
15. Openko P.V., Doska O.M. ta inshi. Napriamky udoskonalennia systemy tekhnichnoho obsluhovuvannia i remontu radioelektronnykh zasobiv novitnikh zenitnykh raketnykh kompleksiv. Povitriana mits Ukrainy. Kyiv: NUOU, 2025. №1(8). S.76-83.
16. Hloba. O.V., Melnychenko V.S. Rekomendatsii shchodo pidvyshchennia efektyvnosti vidnovlennia ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki uhrupovannia zenitnykh raketnykh viisk. Povitriana mits Ukrainy. Kyiv: NUOU, 2024. №2(7). S.87-95.
17. Popov S.E., Pukhovyi O.V., Yufa Ye.A. Vyznachennia sukupnosti pokaznykiv dlia otsiniuvannia efektyvnosti funktsionuvannia systemy upravlinnia uhrupovannia radiotekhnichnykh viisk Povitriana Mits Ukrainy. K. : NUOU. 2024. №2(7). S. 11-17.
18. Model otsiniuvannia efektyvnosti pidrozdiliv protypovitrianoi oborony / Kovalenko S.P. [ta in.] // Suchasni informatsiini systemy. 2021. T. 5, № 2. S. 21-28. URL : <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.2.03>
19. Osnovni polozhennia metodyky otsiniuvannia mozhlyvostei vidnovlennia ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy, poshkodzhennykh pid chas vedennia boiovykh dii / Startsev V.V., Tretiak V.F., Mikhalova L.V. // Zbirnyk naukovykh prats DNDI VS OVT. – 2022, Vyp. 3(13) ISSN 2706-7386, S. 110-120. URL: <https://dndivsovt.com/index.php/journal/article/view/219/212>.
20. Smyrnov Ye.V., Bilichenko V.V., Romaniuk S.O. Metodichni vkazivky do vykonannia kursovoho proektu z dystsypliny “Vyrobycho-tekhnichna baza pidpriemstv avtomobilnogo transportu” za napriamkom “Proektuvannia avtotransportnykh pidpriemstv” dlia studentiv vsikh form navchannia spetsialnosti 7(8).07010601 – “Avtomobili ta avtomobilne hospodarstvo”. Vinnytsia : VNTU, 2013. 119 s.